

PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

LAS

CIENCIAS NATURALES

EN LA

ESCUELA MODERNA

POR

ODÓN DE BUEN

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES, CATEDRÁTICO DE LAS ASIGNATURAS
DE HISTORIA NATURAL EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

IV

PETROGRAFÍA

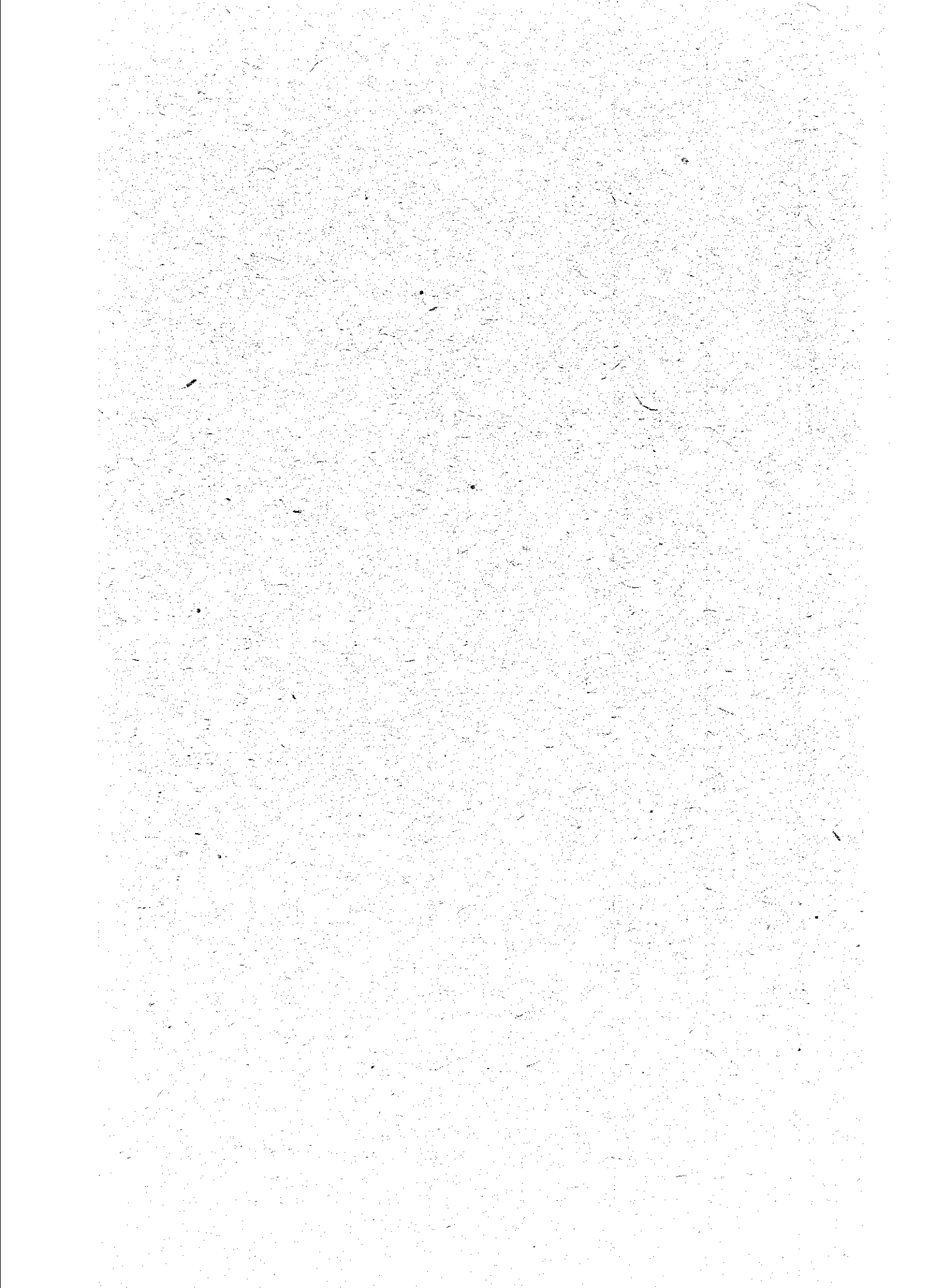
V

VIDA ACTUAL DE LA TIERRA



BARCELONA

Calle de Bailén, número 36



IV

PETROGRAFIA Y VIDA ACTUAL
DE LA TIERRA

PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

LAS
CIENCIAS NATURALES

EN LA
ESCUELA MODERNA

POR
ODÓN DE BUEN

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES, CATEDRÁTICO DE LAS ASIGNATURAS DE HISTORIA NATURAL
EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

IV
PETROGRAFÍA
Y
VIDA ACTUAL DE LA TIERRA



Calle de Bailén, número 36
BARCELONA

ES PROPIEDAD

Estudio sumario de las rocas

(PETROGRAFÍA)

1

CARACTERES GENERALES DE LAS ROCAS

1.—Origen.—Ya hemos convenido en que las rocas son grandes masas minerales y en que las hay *simples*, constituídas por un solo mineral (caliza, yeso, arcilla, etc.), y *compuestas* de varios minerales (como el granito, que está formado por el cuarzo, la mica y el feldespato ortosa). Estas últimas son verdaderas asociaciones de individuos minerales.

Hemos explicado por qué las rocas pueden dividirse en *sedimentarias* y *eruptivas*, habiendo entre las primeras unas que tuvieron

origen químico, otras orgánico y otras origen mecánico (1).

Hicimos también algunas indicaciones acerca de los cambios que las rocas experimentan, motivando que aparezcan rocas nuevas, que son como las ruinas de las antiguas.

Podemos presenciar la formación de rocas sedimentarias en las avenidas de los ríos, que dejan depósitos arcillosos abundantes; en los pantanos turbosos, donde se aglomeran y deshacen restos vegetales; en las salinas artificiales, cuyos estanques se llenan de yeso antes de depositar la sal, y en las aguas incrustantes, que precipitan caliza capaz de cubrir los objetos que en ellas se sumergen para servir de molde.

Se forman rocas eruptivas en los volcanes que arrojan lavas candentes, pastosas, de aspecto homogéneo.

En los orígenes de la Tierra que habitamos, cuando ésta comenzó su fase planetaria, los materiales todos eran ígneos, pues la temperatura se mantenía elevadísima y las primeras aguas fueron densas, calientes. Las rocas que entonces, por el enfriamiento, se formaron, serían homogéneas como lavas, tendrían carácter eruptivo; las depositadas en el agua caliente y formadas por el influjo de ésta, son las que se llaman *rocas hidrotermales*.

(1) *Pequeña Historia Natural*, t. I, págs. 59, 63, 67 y siguientes.

En realidad las rocas sedimentarias de origen mecánico son restos de las más antiguas, que se descomponen, y las aguas y los vientos arrastran los residuos.

Hay rocas compuestas, cuyos minerales se han ido formando poco á poco *por diferenciación* de una masa homogénea primitiva, y otras en que los materiales, primeramente sueltos, se han unido; resulta así una roca *por aglomeración*.

En los cambios incesantes que nuestro planeta experimenta cada día, se descomponen rocas antiguas y se forman rocas nuevas con los materiales de las viejas.

2.—**Caracteres externos.**—En las rocas compuestas los minerales pueden ser visibles y formar masa heterogénea ó pueden, por el contrario, no observarse á simple vista: las primeras se llaman *rocas fanerógenas* y las segundas *criptógenas*. Los minerales constitutivos se hallan agrupados de modos diversos, tienen tamaños diferentes, originándose, según estas particularidades, lo que se llaman estructuras.

Hay *minerales esenciales* que caracterizan la roca, sin los cuales no existe: así pasa con el cuarzo, la ortosa y la mica en el granito; otros minerales no son constantes sino *accidentales*, se presentan según las circunstancias y caracterizan variedades diferentes de una misma roca; así, en los alrededores de Barcelona, hay granito que tiene topacios acciden-

talmente; otros granitos van acompañados de turmalina.

El predominio de la sílice hace que se dividan las rocas en tres grupos: *ácidas*, cuando aquel elemento entra en proporción mayor de 63 por 100; *básicas*, cuando no pasa del 55; *neutras*, si oscila entre 55 y 63. El que una roca se considere ácida no quiere decir que tenga sabor agrio; conste, para evitar falsas interpretaciones.

Las *estructuras* que pueden ofrecer las rocas se reducen á tres tipos fundamentales: granítica, porfírica y vítrea.

Se llaman *graníticas* aquellas cuyos elementos son granudos y próximamente del mismo tamaño; si se descomponen, se sueltan los granos y puede verse que no hay entre ellos materia mineral amorfa que los una.

Rocas *porfíricas* son las formadas por una masa de aspecto homogéneo, amorfa, en la que se destacan cristales ó fragmentos cristalinos de uno ó de varios minerales. Esa masa homogénea se denomina *magma fundamental* y generalmente es vítrea, no está diferenciada ni siquiera microscópicamente.

Rocas *vítreas* son aquellas formadas tan sólo por el magma fundamental, en el que no se destacan cristales que puedan referirse á ninguna especie mineral.

Las estructuras indicadas son propias de las rocas antiguas ó de las eruptivas modernas.

A las que se forman con restos de otras,

como las arenas, arcillas, conglomerados, etc., se les da el nombre general de *rocas clásticas*. El aspecto de ellas es muy variable.

3.—**Caracteres microscópicos.**—Hasta mediados del último siglo eran muy incompletos los datos que se tenían acerca de la composición, de la estructura y del origen de las rocas. Hemos dicho que hay muchas cuyos materiales son invisibles á simple vista; nos hemos referido á un magma fundamental en el que se diferencian á veces (rocas porfíricas) cristales diversos; hemos apuntado la idea de que las lavas de los volcanes se diferencian con el tiempo en minerales distintos siendo en su origen homogéneas; para resolver acerca de la naturaleza del magma, para definir si la homogeneidad exterior es sólo aparente porque los minerales se hallan en cristales microscópicos; para estudiar ese interesantísimo proceso en virtud del cual se diferencian las lavas; hay que apelar al microscopio, instrumento tan precioso en manos del petrógrafo como del biólogo.

En el tomo III de esta serie ya hemos descrito (cap. IV) el procedimiento por el cual pueden estudiarse al microscopio los minerales y las rocas; indicaremos ahora las principales estructuras microscópicas que éstas ofrecen. Es necesario advertir que usando la luz ordinaria (luz blanca) no se obtiene gran resultado. Es preciso usar la llamada *luz polarizada*.

El microscopio que se usa para el estudio de las rocas suele ser de poco aumento (de 20 á 100 diámetros de ordinario); sólo en el caso de querer estudiar las inclusiones que existen dentro de los minerales es necesario llegar á 500 diámetros.

Este microscopio de petrografía lleva dos prismas llamados de Nicol: uno que se coloca en la parte inferior de la platina y se llama *polarizador* y otro en el puesto del ocular, llamado *analizador*. Según las posiciones de los nicoles y el sistema en que los minerales cristalizan, las secciones de éstos aparecen oscuras ó iluminadas por colores distintos. Las láminas de ciertas rocas, compuestas de varios minerales, colocadas en el microscopio polarizante, haciendo dar vueltas al analizador producen un efecto constante de cambios de colores, parecidos al de un kaleidoscopio.

Pues bien, mediante estos cambiantes de luz y mediante medidas delicadísimas que los petrógrafos toman, pueden determinarse los minerales que componen las rocas aun cuando sean invisibles á simple vista.

Por lo que afecta á la estructura con que se presentan las rocas en el microscopio, todas las variedades pueden referirse á los mismos tres tipos de estructura externa que hemos indicado: vítrea, porfírica y granítica.

Los vidrios, que no escasean en las regiones volcánicas, microscópicamente aparecen formados de una substancia homogénea, un

magma fundamental, en el que á veces co-

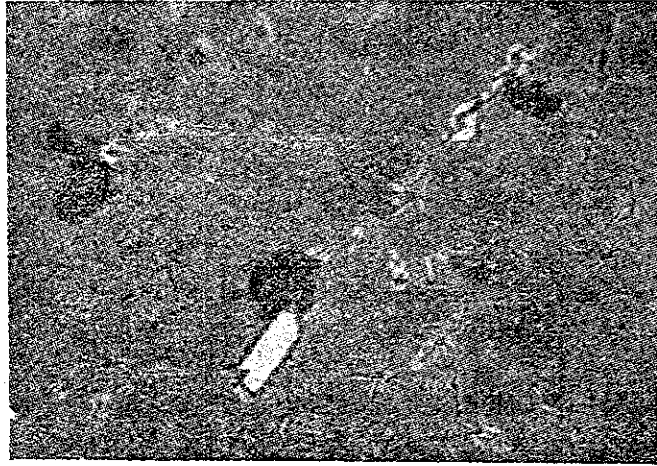


Fig. 1.—Estructura vítrea de una roca vista al microscopio
mientzan á diferenciarse finísimos cristales y
filamentos que no pueden referirse á cristal

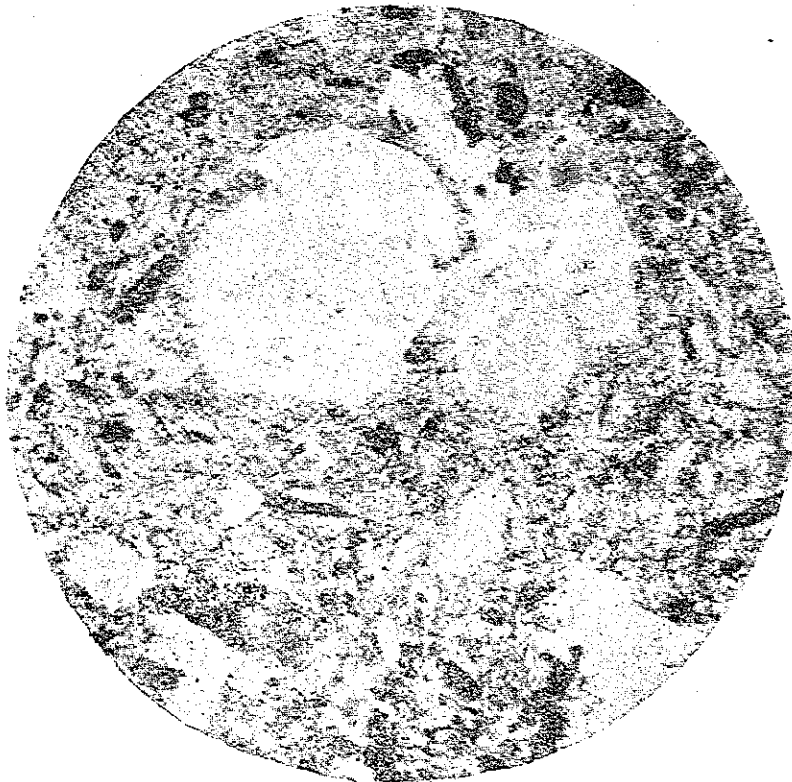


Fig. 2.—Estructura porfírica (un pórfido con gruesos
cristales de cuarzo)

alguno y que indican un comienzo de diferenciación de la materia del magma. Esta es la llamada *estructura vítrea* (fig. 1).

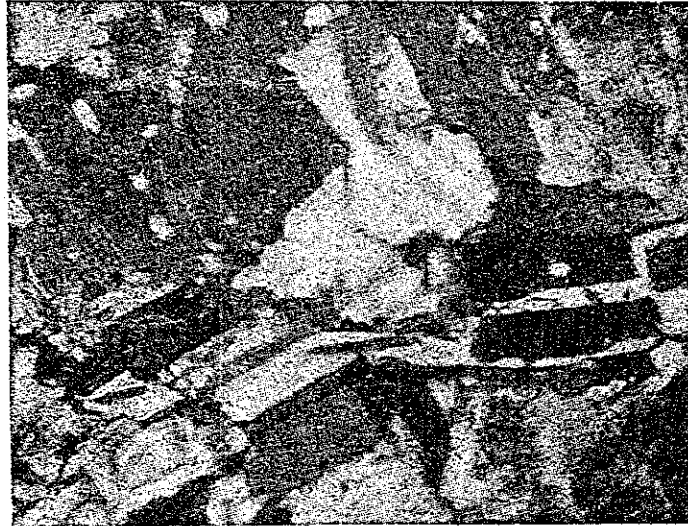


Fig. 3.—Estructura granítica (granito visto al microscopio)

A veces, la roca que se examina tiene magma fundamental, pero en él se destacan grandes cristales bien definidos: tal es la *estructura porfírica* (fig. 2).

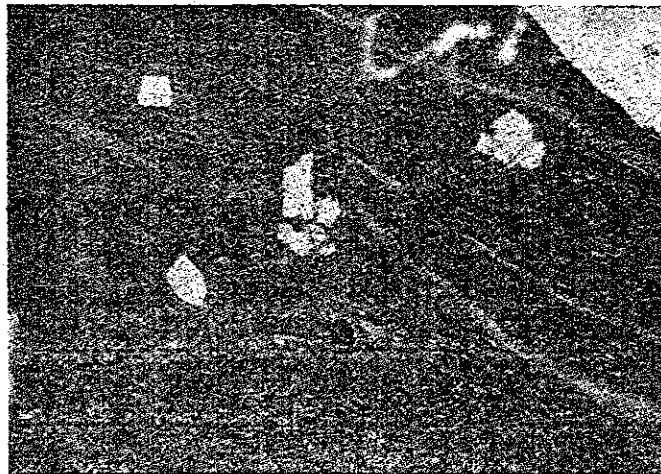


Fig. 4.—Estructura fluidal

Otras veces no existe magma; aparece la roca, con el microscopio, constituida por cris-

tales de gran tamaño, iguales ó casi iguales; es el tipo de la que se llama *estructura granítica* (fig. 3).



Fig. 5.—Estructura microgranítica

Entre estos tipos fundamentales existen mu-



Fig. 6.—Estructura ofítica

chos términos intermedios; indicaremos los que revisten mayor interés.

El magma sin diferenciación alguna es raro;

más frecuentemente se presenta en comienzo de diferenciación tanto en los vidrios volcánicos como en los pórfidos. Aparecen cristalitas del grupo de los feldespatos y de los piroxenos y, diferenciándose algunos de mayor tamaño, se pasa á la estructura porfírica desde la vítrea. Así sucede con la llamada *estructura fluidal*, en que la substancia vítrea, con muchos cristalitas, aparece como si hubiesen existido corrientes de fusión (fig. 4).

Puede la diferenciación sucesiva de cristales convertir un vidrio en una roca granítica: eso pasa en las rocas de *estructura micro-granítica*, en que el microscopio descubre ya los diversos elementos cristalinos perfectamente diferenciados (fig. 5).

En los pórfidos el magma se diferencia igualmente y puede ser hasta micro-cristalino.

Cuando una roca cristalina tiene sus elementos más largos en una dirección, la estructura, sin dejar de ser granítica, recibe el nombre de *ofítica* (fig. 6).

Hay en el interior de las rocas verdaderas luchas moleculares; no están en absoluto inactivos los minerales que se hallan en contacto; sorda, lenta influencia ejercen los unos sobre los otros, hasta que se inicia entre ellos una especie de cambio de substancias, que da por resultado que se compenetren, cuando no logra el uno absorber los elementos del otro; prueba de ello es la llamada *estructura gra-*

nofírica (fig. 7); los granos de cuarzo y de feldespatos son los principales agentes de esta lucha en muchas rocas graníticas y porfíricas.

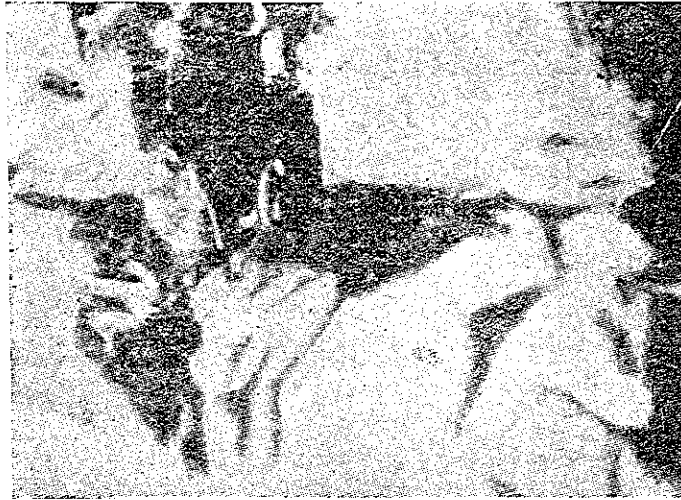


Fig. 7.—Estructura granofírica

La descomposición íntima es muy activa y aparente en algunas rocas; los minerales, especialmente el peridoto y algunos piroxenos y aun anfíboles, se alteran y las fajas de alteración forman como mallas que se descubren al microscopio y que á veces extendiéndose transforman grandes masas rocosas; ese proceso se denomina *serpentinización* y la estructura se dice *serpentinica* (fig. 8). Ya hemos indicado en la *Mineralogía* (tomo III) la importancia de esta pseudomorfosis, que prueba una vez más como laboran en silencio las fuerzas naturales para transformar el mundo que nos rodea.

4.—**Evolución de las rocas.**—Las últimas indicaciones nos conducen á tratar del problema importantísimo de la evolución pe-

trográfica, de lo que podemos llamar la *Petrogenesis* (génesis y evolución de las rocas).

Recordemos la afirmación, hecha antes, de que en su principio, la Tierra estaba constituida por materiales semejantes á las lavas de

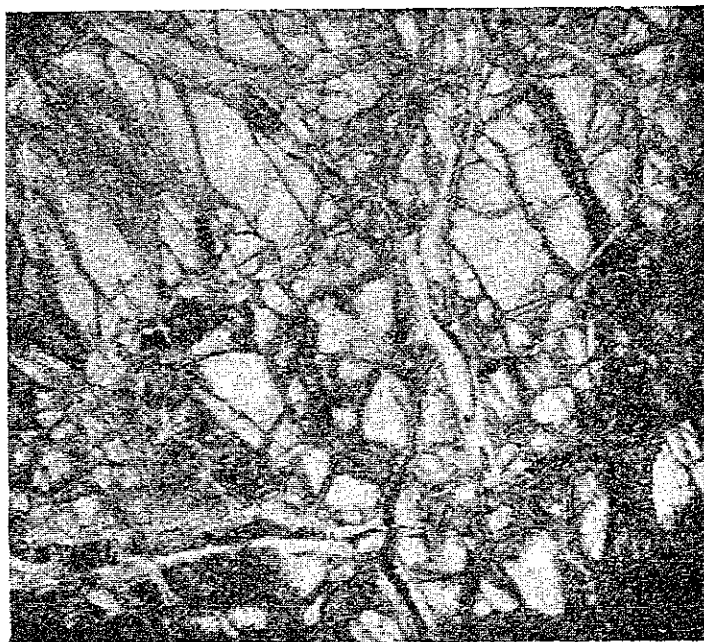


Fig. 8.—Estructura serpentínica

los volcanes; de aquellos materiales se formaron, en primer término, las rocas cristalinas de la naturaleza del granito. De cómo pudo ocurrir ésto nos formaremos idea examinando lo que pasa á las lavas de hoy á medida que se enfrían.

Una lava volcánica es un material dotado de extraordinarias actividades, no sólo por su temperatura elevadísima, sino por las reacciones químicas que motiva el contacto con el aire atmosférico. Puede decirse que es un laboratorio, en donde el agua, los gases del aire y los cuerpos de que está constituida la

lava, motivan combinaciones y descomposiciones enérgicas durante mucho tiempo, que dan por resultado que la materia fundida, que era homogénea, se vaya sucesivamente diferenciando. A medida que el tiempo pasa y la energía se emplea en formar combinaciones minerales, la masa se va enfriando y las reacciones son menos activas.

Mientras la lava sea homogénea tendrá estructura vítrea, de magma fundamental; cuando se formen en este magma cristales, se transformará en un pórfido y, por último, cuando ya todo el magma esté diferenciado la masa será micro-cristalina primero y granítica después. He aquí explicado cómo las diversas estructuras que hemos indicado en otro párrafo son grados sucesivos de la diferenciación de las rocas eruptivas y cómo, á partir de la lava, se pueden ir formando minerales nuevos que constituyen agrupaciones ó rocas distintas.

Como se verificaron erupciones volcánicas en tiempos pasados y se verifican hoy, según las épocas las rocas eruptivas tendrán caracteres diversos, pues aunque fuese la misma la materia originaria estaría hoy en fases diferentes de su evolución.

Suelen admitirse distintos períodos en la evolución de las rocas eruptivas, edades distintas. Son éstos: período *vítreo*, de *enfriamiento*, de *evolución en frío*, y de *descomposición*; como si dijéramos: de plena energía,

de decaimiento, de vejez y de muerte, porque una roca fría que se descompone, muere. Al descomponerse estas rocas eruptivas se forman arenas y productos arcillosos.

También las rocas sedimentarias sufren su evolución, aun cuando sea de bien distinta índole. La mayor parte se han depositado en el fondo de los mares; las hay también depositadas en los lagos, por los ríos y por los hielos.

Arcillas, arenas, brechas y pudingas se modifican y alteran por la presión con el transcurso del tiempo: las arcillas se convierten en pizarras, las arenas en areniscas ó asperones, los conglomerados se hacen más coherentes. A veces las fuerzas que actúan sobre las rocas sueltas motivan que se fundan en parte los granos que las componen y hasta que la materia de estos granos, que es amorfa, cristalice.

5.—**Metamorfismo.**—En general se reserva este nombre para designar los cambios que experimentan las rocas cuando las atraviesa una masa eruptiva. Se comprende que un terreno sufra cambios importantes por la influencia de una materia fundida. Se ven, en efecto, zonas extensas de metamorfismo á los lados de las grandes erupciones antiguas. En los alrededores de Barcelona, sin ir más lejos, en la sierra del Tibidabo, las pizarras de la época primaria, atravesadas por diversas rocas eruptivas, se han convertido en pizarras mi-

cáceas y maclíferas (con andalucita) en una extensísima zona.

Por el metamorfismo pueden originarse rocas que serán distintas de las eruptivas y de las sedimentarias.

El metamorfismo transforma en cristalizados minerales que eran amorfos; en el contacto de los filones se ven con frecuencia limpios cristales de caliza (espató de Islandia). Fórmense también en estas zonas de contacto minerales nuevos, como la mica, andalucita, granates, turmalina, vesubiana, etc., y aglomeraciones de estos minerales que constituyen rocas muy duras, resistentes en extremo.

En la sierra del Tibidabo, aparecen las siguientes rocas metamórficas: *pizarras maclíferas*, que ya hemos citado, en cuya superficie se destacan granos gruesos (que parecen berrugas) de un mineral llamado andalucita, variedad denominada macla; en San Pedro Mártir hay hermosos cristales de aquel mineral y de estaurótida (andalucita ferruginosa); bajo el Observatorio, hasta Belén, puede verse una gran masa dura, verdosa, casi negra, de anfíbol principalmente, que recibe el nombre de *anfíbolita*, y cerca de ella, otra masa de granates (*granatita*) con abundantes cristales de vesubiana.

El metamorfismo tiene también diferentes tiempos: primero es la roca candente la que transforma á las que toca provocando acciones físicas y químicas de gran energía; des-

pués la acción se va debilitando cada vez más, y cuando ya ha sufrido su evolución primera la roca inyectada, comienzan á influir en ella las que le aprisionan, originándose por último un metamorfismo inverso del primero; llegado este caso, es la roca más antigua la que modifica á la intrusa produciendo cambios de importancia en ella.

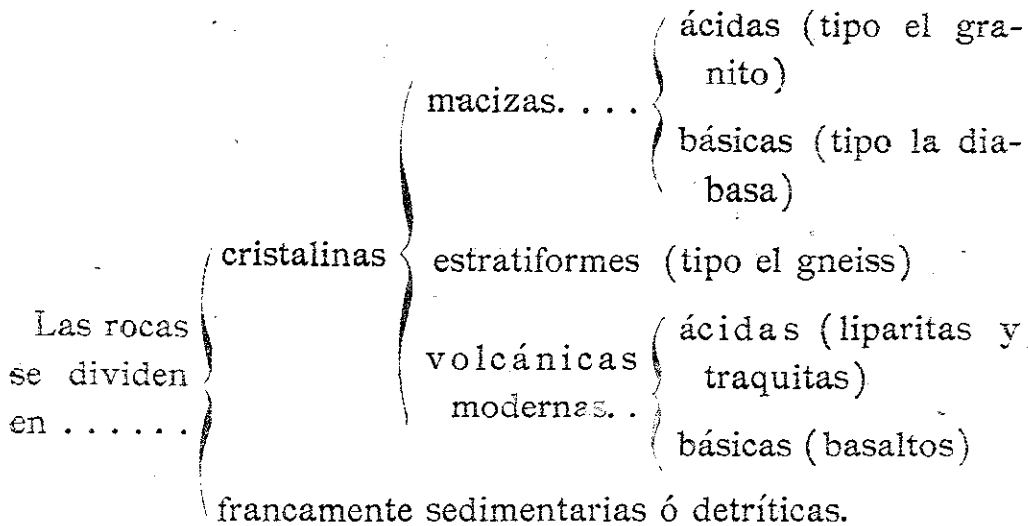
6.—**Clasificación de las rocas.**—Prescindiendo de las rocas metamórficas, limitándonos á las que podremos llamar fundamentales de los terrenos, podemos clasificarlas en cuatro grupos: *Rocas cristalinas macizas*, las más antiguas, las de mayor importancia, tanto por la enorme extensión de nuestro planeta que ocupan como por servir de base á todos los terrenos sedimentarios. En ellas se establece una división: fórmase un grupo con las más silíceas, las *ácidas*, que tienen por tipo el granito, al lado de la que se colocan los pórfidos y la sienita; en otro grupo, las *básicas*, están la diabasa, la diorita y las porfiritas.

Rocas cristalinas estratificadas, forman el lazo de unión entre las anteriores cristalinas y las francamente sedimentarias; la línea divisoria, en este caso, como en otros muchos, es difícil de trazar; desde el granito al gneiss (que es el tipo de este segundo grupo) hay todo género de términos medios. Al lado del gneiss describiremos las pizarras micáceas y las filitas.

Rocas volcánicas modernas: grupo muy semejante al de las rocas cristalinas antiguas, en el que también pueden hacerse dos divisiones: *rocas ácidas* (liparitas y traquitas) y *básicas* (basaltos), unidas por las andesitas que sirven de puente.

Por último, en el grupo cuarto se incluyen todas las *rocas sedimentarias modernas*, que se han formado por trituración y descomposición de las antiguas; algunas de ellas han sido ya descritas en Mineralogía.

Resumiendo:



II

ROCAS CRISTALINAS MACIZAS

7.— **Granito.**— La principal entre las rocas cristalinas antiguas; el prototipo de las ácidas. Forma el núcleo de grandes macizos monta-

ñosos y se supone que constituye un piso continuo debajo de los terrenos sedimentarios.

Se compone, como ya sabemos, de cuarzo, feldespato ortosa y mica (fig. 9): el *cuarzo* es

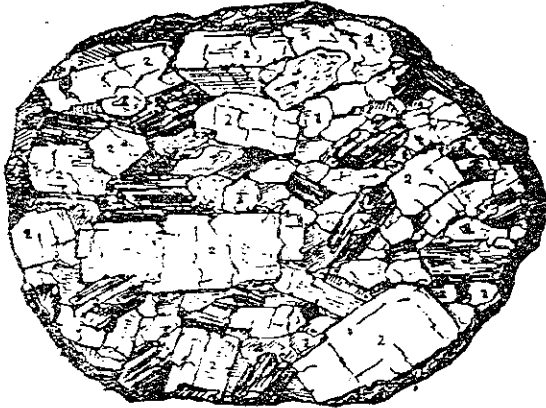


Fig. 9.—Granito

hialino, vítreo, blanco ó grisáceo y sirve de trabazón á los otros elementos de la roca; la *mica* en general es blanca (*moscovita*) y forma pequeñas escamas brillantes,

que parecen metálicas; á veces es negra (*biotita*) y se presenta en prismas exagonales que alcanzan en los alrededores de Barcelona algunos centímetros de altura; el *feldespato* aparece en granos que tienen estructura hojosa, de superficies planas y brillantes.

Con el microscopio se distinguen bien los tres elementos componentes y con grandes aumentos se ve que el cuarzo está lleno de inclusiones líquidas con una burbuja gaseosa, que á veces forman enjambres incontables, no siendo raro que la burbuja esté dotada de movimiento oscilatorio; también aparece, en ocasiones, dentro de cada inclusión un pequeño cubo de sal común (fig. 10).

Es el granito roca dura, que resiste mucho en los climas secos las inclemencias del tiempo;

pero se descompone con gran facilidad el feldespato por la acción de la humedad atmosférica y del ácido carbónico del aire, produ-

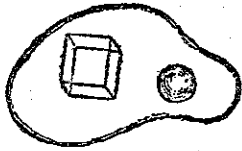


Fig. 10. — Inclusión con un cubito de sal común en el cuarzo del granito.

ciendo un polvillo arcilloso y quedando sueltos los granos duros del cuarzo y las laminillas brillantes de la mica.

Por su dureza, el granito se emplea para el adoquinado de las calles y para la construcción de grandes edificios.

El color de esta roca depende en general del feldespato y puede ser blanca, gris ó rosada y aun de color de ladrillo.

Abunda en España y en América: en Galicia, en el Centro de la Península, en Extremadura; aquí, en Cataluña, encontramos granitos en la costa de la provincia de Gerona, en el Montseny, Pirineos, Priorato, y en los alrededores de Barcelona; la meseta del Brasil es granítica en gran parte; lo son los Andes, á lo largo del Pacífico y en la parte central, la Sierra de Córdoba, las del Tandil y de la Ventana en la República Argentina; etc., etc.

Hay granitos en que la mica se halla reemplazada en parte y aun totalmente por anfíbol verde botella (*granito anfibólico*); el cuarzo también va desapareciendo, resultando, por fin, una roca compuesta de anfíbol y feldespato, que es la sienita.

Puede también ser reemplazada la mica par-

cialmente por la turmalina (*granito turmalinífero*) y se presentan, en general, variedades numerosas que son estados transitorios entre el granito y las rocas análogas ó que son debidas al tamaño y disposición de los minerales constitutivos, pues éstos se hallan en granos más ó menos gruesos; cuando hay cristales grandes de feldespato, que se destacan mucho en la masa, se le llama *granito porfiroide*.

• En derredor del granito se colocan rocas que difieren poco de él y que se consideran como granitoides: citaremos la pegmatita y la protogina, la sienita y los pórfidos.

8.—**Pegmatita, Protogina y Sienita.**— Puede en el granito desaparecer la mica ó agruparse en grandes láminas, quedando la roca formada por granos de cuarzo y feldespato compenetrados; en este caso se llama *pegmatita* y no es rara en filones que son ricos en cristales diversos (topacio, turmalina, esmeralda). La hay así en los alrededores de Barcelona y en el Cabo de Creus. Una variedad muy notable es la *pegmatita gráfica* en la que el cuarzo se halla en pequeños fragmentos alineados que asemejan caracteres hebraicos ó cuneiformes. Es de color blanco lechoso.

Si la mica no desaparece sino que se transforma en una substancia suave al tacto, jabonosa, de color verde (clorita), la roca es coherente, de un tipo distinto del granito, y se llama *protogina*. Abunda en los Alpes;

el imponente macizo del Montblanch (fig. 11) está formado por esta roca. Se le dió el nombre de protogina (que quiere decir primeramente formada) porque se la creía la más an-

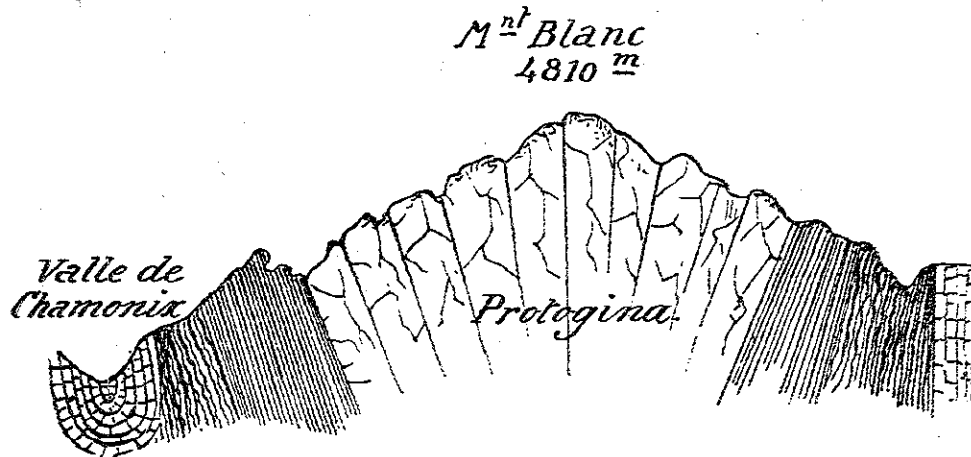


Fig. 11.—Corte del macizo del Montblanch (Alpes)

tigua de todas, lo que es un error, es más reciente que el granito.

Hemos dicho que la *sienita* está constituída por el feldespato y anfíbol principalmente; es una roca transitoria entre las ácidas y las básicas. Tiene color rojizo de ordinario, á veces pardo ó amarillento. La sienita se encuentra en Egipto y forma en Francia el núcleo principal de las montañas de los Vosgos. Aquí cerca, la hay en Santa Creu de Olorde.

9.—**Pórfidos.**—Si en la pegmatita se acentúa la estructura que da homogeneidad á la roca y en la masa de ésta se ven sólo gránulos de cuarzo, se forma un *pórfido cuarcífero*; el final de esta evolución es una masa microcristalina en la que aparecen empastados grandes cristales de feldespato, mica más ó menos

alterada y anfíbol, es decir, lo que se llama un *pórfido feldespático*.

Son numerosas las variedades de estas rocas porfíricas; forman masas, pero más generalmente están dispuestas en filones que atraviesan los terrenos primitivos. Desde la antigüedad se conocen los bellos pórfidos rojos y verdes de Egipto, que se pulimentaban, construyendo con ellos columnas, sarcófagos, vasos, etc., y que pueden verse en los grandes museos.

La pasta del pórfido es ordinariamente obscura; los cristales se destacan bien en este fondo porque son más claros; los de feldespato suelen ser blanquecinos y de formas geométricas muy definidas; los de cuarzo presentan sus apuntamientos piramidales característicos, lo que no pasa nunca en el granito; mica suele haber, en algunas variedades, á veces en escamitas exagonales numerosas.

Por su dureza, algunos pórfidos son preferidos para el adoquinado de las calles.

10.—**Diorita, Diabasa y Porfiritas.**— En el grupo de las rocas antiguas básicas se distinguen tres tipos: en el uno domina el anfíbol (diorita), en el otro el piroxeno (diabasa), en el tercero el olivino, que suele estar descompuesto (serpentina). Se relacionan íntimamente con el grupo granítico por intermedio de las dioritas cuarcíferas: en efecto, entre un granito anfibólico pobre en ortosa y una diorita cuarcífera rica en este feldespato,

apenas hay diferencia y puede no haber ninguna. La diorita por otros conceptos distintos, es realmente el lazo de unión entre las rocas básicas (cuyo tipo es la diabasa) y las ácidas.

La *diorita* es una asociación de feldespato y anfíbol; á veces hay cuarzo y aún mica negra. El feldespato comunmente se altera y la roca es aún más verde de lo ordinario. El anfíbol hornblenda también se altera formando clorita, serpentina ó epidota. Se encuentra esta roca en filones y por ser muy dura se la utiliza como material de construcción. Como minerales accesorios se citan en ella: el hierro magnético, el apatito y la pirita. Hay algunos filones de diorita en las vertientes N. y S. del Tibidabo, en Martorell y en Papiol.

La *diabasa* es un agregado cristalino de feldespato plagioclasa y piroxeno augita. Es roca que forma masas considerables y que abunda en filones; es muy coherente y verdosa de ordinario. Se distingue del granito desde luego por la tendencia de sus cristales á ser alargados, estructura que hemos llamado ofítica. Suelen estar los elementos cristalinos bien conservados; la del Torrente de las Barreres (Papiol) es un buen ejemplo, pero también sufren profundas alteraciones llegando á confundirse con las dioritas.

Una variedad de diabasa es la *ofita* tan característica de la región Pirenaica, que por ser reciente, tanto allí como en el Mediodía de

España, presenta tipos muy bien conservados. Es verde con manchas más oscuras (y á ello debe su nombre, porque parece la piel de una serpiente ú ofidio).

Lo mismo que existe en las rocas ácidas lo que puede llamarse degradación porfírica, se presenta también en las rocas básicas, dando por resultado la formación de una masa que empasta cristales grandes; las rocas resultantes se han denominado *Porfiritas* y las hay anfibólicas, piroxénicas y micáceas. La masa general tiene estructura microcristalina. En los alrededores de Barcelona, en la sierra del Tibidabo, hay filones de estas rocas.

En el grupo de las rocas olivínicas se incluyen algunas formadas de olivino, enstatita y piroxeno con alguna magnetita y espinelas. Se descomponen de modo tal que es raro hallarlas bien caracterizadas. Son las que motivan por su descomposición la formación de las grandes masas de *serpentina*.

III

ROCAS CRISTALINAS EXTRATIFORMES

II.—**Gneiss.**—Son el lazo de unión entre las rocas genuinamente cristalinas y las francamente sedimentarias. Entre los gneiss granitoideos y los últimos granitos, apenas hay diferencias; el tránsito entre las dos rocas es

bien palpable. Y entre las últimas pizarras de la serie esta y los más antiguos sedimentos, la línea divisoria es difícilísima de señalar. Desde el granito á las filitas (que luego describiremos) hay toda una serie de variedades que apenas se diferencian entre sí; la evolución de estas rocas es clara, manifiesta, indudable.

El *gneiss* se halla constituido por los mismos elementos que el granito: cuarzo, feldespato y mica, tanto blanca como negra. La única diferencia está en que la mica se orienta en los *gneiss* de modo que éstos tienen como capas horizontales, una estructura pizarrosa.

Hay *gneiss* sumamente compacto, que se utiliza como material de construcción.

Los hay en que disminuye el feldespato y aumenta la mica (*gneiss micáceo*), llegando el primero á desaparecer y convirtiéndose la roca en lo que se llama una *micacita*.

Las formaciones gnéisicas son formidables á veces, abundan en los más antiguos terrenos, tanto de Europa como de América: En Cataluña las tenemos en los Pirineos y en el Cabo de Creus. El granito suele formar el núcleo de las montañas gnéisicas, como aparece en la fig. 12.

El *gneiss*, según los minerales predominantes, tiene varios colores; es gris, blanco, rojizo, azulado, etc. Son abundantes en él los minerales accidentales. Intercaladas en el *gneiss* preséntanse rocas anfibólicas y piroxénicas y grandes masas de caliza cristalina. En

la parte superior del sistema gneísico, por donde se establece el tránsito á las micacitas, hay capas de rocas granitoides sin orientación, muy ricas en minerales, que se llaman *granulitas*.

12.—**Micacitas y Filitas.**—Las micacitas ó pizarras micáceas, están formadas, como he-

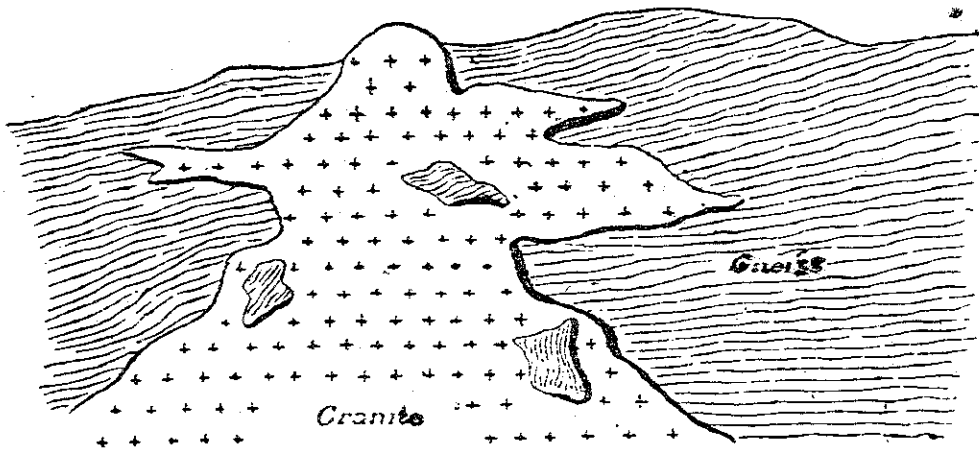


Fig. 12.—Granito en el núcleo de una formación gneíssica

mos ya dicho, de cuarzo y mica. Son en general negras brillantes, pero también las hay claras, según el color de la mica. Forman extensos terrenos en diversas partes del Mundo; no escasean en España. Abundan en ellas los minerales accesorios; granates, feldespatos, turmalina, anfíboles, andalucita, talco, apatito, caliza, grafito, pirita, hierro oligisto, etc. Se conocen numerosas variedades caracterizadas por estos elementos accesorios.

Las *filitas* son pizarras de estructura microcristalina, á veces de aspecto granudo; de color gris pardo, verdoso ó negro azulado con brillo metálico algunas. Mineralógicamente se com-

ponen de partículas microscópicas de cuarzo, mica, clorita y feldespato; son en realidad micacitas en que los elementos se han hecho microscópicos ó casi microscópicos.

Micacitas y filitas, cuando se destacan de ellas grandes placas, se emplean para aceras, techos, pisos, etc., etc.

IV

ROCAS VOLCÁNICAS

13.—**Liparitas y Traquitas.**—La serie de rocas volcánicas modernas, puede dividirse también en dos grupos. Las ácidas, equivalentes á las graníticas, son las liparitas y traquitas; las básicas están representadas por los basaltos, y entre ambos grupos pueden colocarse las andesitas. Describiremos, además, brevemente algunos materiales volcánicos que fundamentalmente pertenecen á los tipos de rocas indicados, pero morfológicamente ofrecen alguna particularidad especial.

Las *liparitas* son agregados cristalinos de feldespato sanidina (ortosa vítrea), mica biotita y gránulos de cuarzo con escasas inclusiones líquidas y abundantes gaseosas. Las hay granudas y las hay de base vítrea abundante, como las italianas. Equivalentes en la serie moderna á los granitos, se distinguen de éstos en que raras veces tienen estructura granítica,

son más bien ofíticas (de cristales alargados en una dirección) y tienen magma vítreo, que falta en los granitos. Son las liparitas muy ásperas, de color amarillo ó rojizo y deben su nombre á las islas Lípari, cercanas á Sicilia, en cuyos terrenos volcánicos se encuentran. Las hay en España, en el Cabo de Gata.

Las *traquitas* son liparitas sin cuarzo; equivalen á la sienita. Están formadas por grandes cristales de sanidina, abundante plagioclasa, mica biotita y anfíbol, generalmente pardo-rojizo; no escasea la augita. Se presentan formando masas, filones ó capas en muchos terrenos volcánicos. Son ásperas al tacto, de estructura aparentemente porfírica, á veces finamente granuda. Tienen color claro, amarillo, gris ó rojizo. Abundan en los Andes y en ellas arman las mejores minas de plata del Perú. En España han sido estudiadas en el Cabo de Gata (Almería) y en las islas Columbretes; ambos territorios volcánicos bien conocidos.

14.—**Obsidiana y Piedra Pómez.**—La primera recibe también el nombre de vidrio de los volcanes y espejo de los Incas. Tiene, en efecto, aspecto de vidrio, fractura concoidea, color negro, pardo ó verde; y la hay incolora, transparente. Es muy rica en sílice (60 á 70 por 100) y parece ser el término de la evolución de liparitas y traquitas. Prototipo de la estructura vítrea, ofrece al microscopio, á veces, un principio de cristalización y aun inclu-

siones de minerales distintos (microcristales) que le dan estructura porfírica. Los ejemplares grandes, negros, de brillante pulimento, fueron en las primeras civilizaciones americanas empleados como espejos; de aquí el nombre de espejo de los Incas que se le da; las emplearon también para hacer cuchillos, flechas y hachas.

La *pedra pómez* es una masa muy poderosa, que flota en el agua, de gran aspereza, por lo que se le emplea para limpiar y pulir objetos duros, formada por filamentos vítreos, con las mismas inclusiones que la obsidiana.

Muy semejante á la *pedra pómez* es la *perlita*, masa volcánica esmaltada, rara vez vítrea, formada por granos de volumen variable, parda, amarillenta, azulada ó verdosa, que se considera procedente de las liparitas; su estructura es posterior á la consolidación de la roca.

Estas masas esponjosas que existen en los volcanes y son cohorte obligada de liparitas y traquitas, deben su porosidad á los gases que acompañan á toda erupción y sobre todo al vapor de agua.

15.—**Andesitas.**—Rocas volcánicas actuales de muy variados caracteres, que representan hoy á las dioritas y diabasas antiguas. Suelen dividirse en dos grupos: andesitas con cuarzo y sin él. Las primeras, están formadas por plagioclasa abundante, anfíbol, verde generalmente, y gránulos de cuarzo; se asocian

á veces la biotita y la augita; el feldespato es vítreo y los cristales suelen ser alargados. Las andesitas sin cuarzo tienen base vítrea bastante, lo que las aproxima á los basaltos, y se dividen en grupos según el predominio ó la presencia de la augita, la dialaga, mica, etc.

Alcanzan mucho desarrollo estas rocas en el Cabo de Gata y en las islas de Mar Menor (cerca de Cartagena); se encuentran también en Ibiza, Mallorca (Puig de L'Ofre) y en las islas Columbretes.

16.—**Basaltos.**—Son las rocas más interesantes del grupo volcánico y las que mayor extensión ocupan. Se distinguen desde luego por la presencia del olivino, cuyos cristales verdosos se destacan á simple vista en la mayoría de los casos. Son, además, elementos importantes, la augita y la magnetita. Tienen color obscuro, gran coherencia y composición variable según el mayor ó menor grado de alteración que presentan. Los cristales de augita y olivino se hallan exparcidos en una masa que microscópicamente aparece constituída por innumerables cristalitos de feldespato plagioclasa y piroxeno entre las cuales aún se encuentra algún residuo de materia vítrea. La plagioclasa, que se creía fundamental, puede no existir y en su lugar ser abundante la nefelina ó la leucita. De aquí la división de los basaltos en tres grupos: feldespáticos, nefelínicos y leucíticos.

Son en general rocas de grano fino y aún

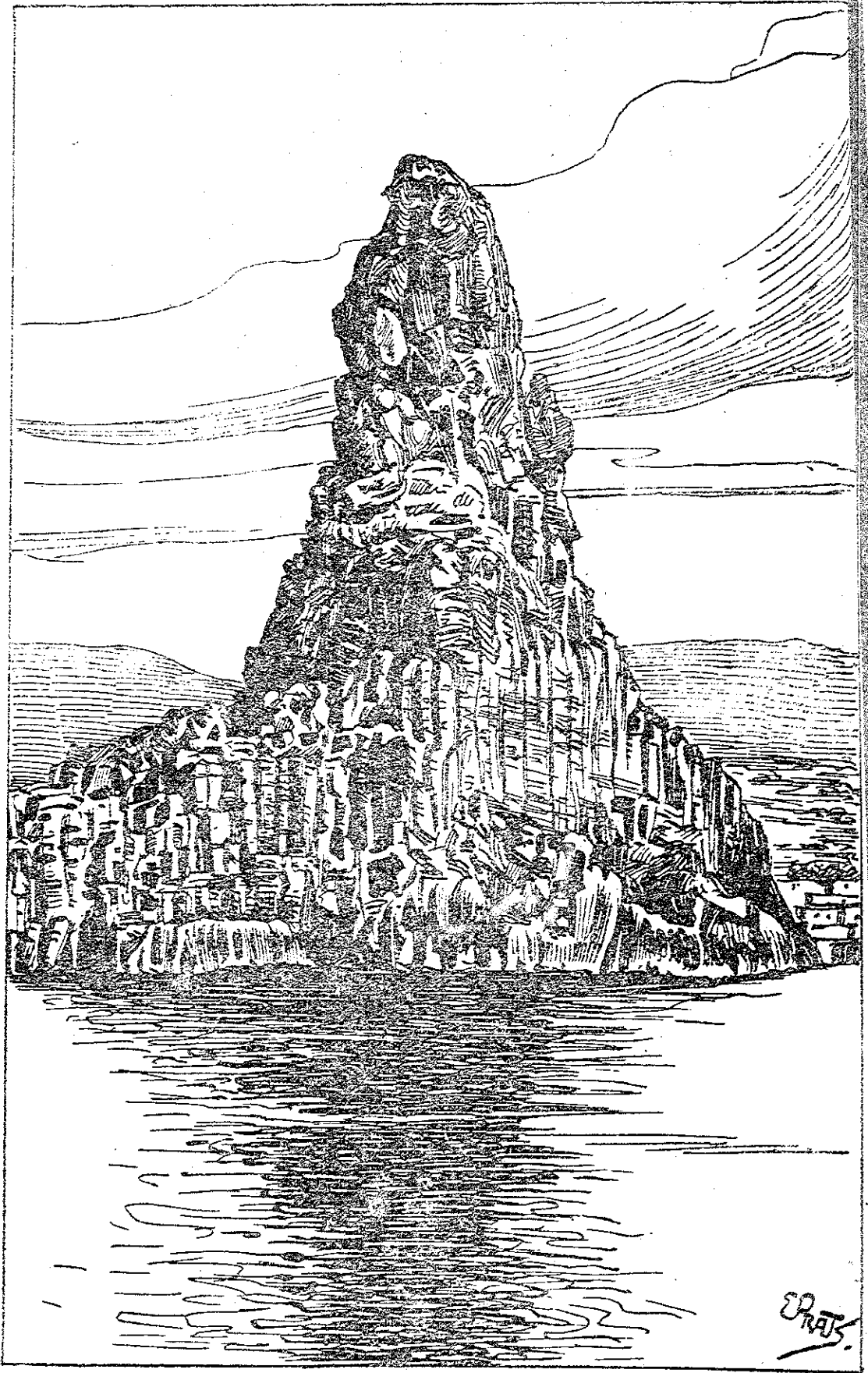
criptógenas, pero las hay de grano grueso y se llaman en este caso *doleritas*.

Los basaltos forman en los terrenos volcánicos modernos masas á veces imponentes, (fig. 13) capas, cúpulas y filones; en muchos casos ofrecen el aspecto de columnas prismáticas exagonales en hiladas superpuestas, como en el espléndido acantilado de 60 metros de altura en que se asienta Castellfullit (región de Olot). Basaltos hay en masas globulares formadas por capas concéntricas, en fragmentos que parecen grandes quesos, en capas de falsa estratificación, etc.

Son bastante extensas en España las regiones basálticas. La más interesante es la de Olot, que tiene unos 27 kilómetros de N. á S. y 30 de E. á O.; allí los basaltos son fel-despáticos. La región volcánica de la Mancha (en la provincia de Ciudad Real) comprendida entre los montes de Toledo, el valle de Alcudia y la sierra de Almadén, abunda en basaltos nefelínicos, mucho más pobres que los de Olot en elementos minerales.

Por su extraordinaria dureza el basalto (llamado en catalán *pedra ferral*) se emplea para el adoquinado de las calles con buen éxito; en Barcelona se ha generalizado mucho su uso de algunos años á esta parte. Los basaltos proceden de Amer, Castellfullit, Las Planas, San Feliu de Pallarols y otros puntos de la región volcánica de Olot.

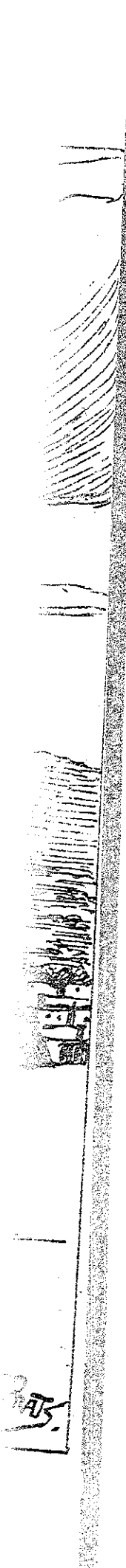
17.—Escorias y detritus volcánicos.—



A la
unã
ces
pos
de
y r
vol
llar
ció
qu
tie
pl

sin
pe
m
tit
añ
el
ca
re
c
c

Fig. 13.—Columnata de basalto. Los Cíclopes (Sicilia)



A las rocas volcánicas puede agregarse toda una serie de escorias y detritus que son á veces basaltos porosos ó productos de descomposición de ellos ó que pertenecen al grupo de las traquitas, andesitas ó liparitas; escorias y restos de que están llenos los territorios volcánicos. En la región de Olot abunda la llamada *pedra tosca*, lava porosa, de composición basáltica, de color rojo, gris ó negruzco, que cubre en muchos puntos el suelo y que tiene densidades distintas hasta haber ejemplares que flotan en el agua.

Las *cenizas volcánicas* son de polvo finísimo, transportables fácilmente por el agua ó por los vientos; están formadas por cristales microscópicos de feldespatos, augita, magnetita y leucita, pequeñas masas de cristalitos y abundantes fragmentos vítreos; algunas de ellas se creen producto de desagregación mecánica de rocas compactas.

Las *arenas volcánicas*, de granos sin coherencia, son pequeños fragmentos de lava mezclados con cristales de augita, sanidina, leucita, olivino, magnetita, mica, etc.

Lápili se llama á la arena de granos porosos, escoriáceos, de color pardo ó negro.

Tobas volcánicas son detritus consolidados, unas veces de grano fino, otras de fragmentos bastante luminosos. Estas tobas se han cimentado bajo el agua ó en tierra y en las proximidades de los volcanes se suelen presentar francamente consolidadas.

Tobas palagónicas son las que contienen fragmentos de lava basáltica y un vidrio básico de color amarillo, verde, rojo ó pardo, que se denomina *palagonita*. De estas rocas tenemos ejemplos en las islas Columbretes.

En los volcanes de Olot, hállanse á veces masas sueltas basálticas, en forma de huso, aguzadas por los extremos y retorcidas (fig. 14).



Fig. 14.—Bomba
volcánica

Son de tamaños muy variables, desde el de una almendra hasta de algunos quintales de peso. Están formadas por capas concéntricas y tienen núcleo más denso, ó escoriforme, ó un hueco central. Se las llama *bombas volcánicas* y deben su origen á la rotación de masas de lava, en el aire ó encima de las cenizas que cubren el suelo.

El término *lava* se aplica á rocas de composición muy distinta, á todos los materiales que salen fundidos de los volcanes y que corren por las laderas de los conos volcánicos retorciéndose al enfriarse. Tienen siempre aspecto escoriforme, se parecen á las escorias de los altos hornos.

V

ROCAS SEDIMENTARIAS Ó DETRÍTICAS

18.—**Orgánicas y de origen químico.**—
Con la detención necesaria hemos expuesto en otro volumen lo que es la sedimentación y cómo pueden formarse depósitos de origen puramente mecánico, de origen químico y de origen orgánico; convendrá advertir que esta división no puede ser absoluta, pues en los procesos de esta índole intervienen casi siempre las fuerzas físicas y las energías químicas unidas; está en el predominio de unas ú otras el fundamento de la división indicada.

Los agentes naturales, el viento, las aguas, etcétera, producen simplemente la trituración de una roca ó la descomposición total. Cuando ésta se verifica en las rocas feldespáticas, que son las dominantes en el Globo, el feldespato se transforma y la roca se deshace. En el granito, por ejemplo, por la acción del ácido carbónico y el agua, fórmanse carbonatos alcalinos que se disuelven, quedando silicatos de alúmina, granos de cuarzo y hojuelas de mica; cosa semejante pasa en las demás rocas feldespáticas. Mecánicamente, las aguas corrientes y las tranquilas logran la separación de estos elementos detríticos: los granos cuarzosos, más pesados, convertidos en arenas, se

depositan en playas y riberas ó van al fondo de ríos ó mares, donde la presión de sedimentos posteriores les metamorfosea.

Los silicatos de alúmina, ligeros, flotan largo tiempo, pero llegan al fin á depositarse, formándose las arcillas, que ya conocemos y que tanta importancia tienen en los terrenos modernos, y, por lo tanto, en las tierras de cultivo.

He aquí un proceso natural que es á la vez químico y mecánico; sin embargo, las arenas se consideran como rocas sueltas de origen mecánico, porque proceden del mismo cuarzo triturado, y á las arcillas se las clasifica como rocas de origen químico, pues su substancia (silicatos de alúmina) procede de la descomposición química de los feldespatos.

Si la trituración de las rocas no es completa, en vez de granos sueltos, las aguas acarrearán fragmentos de mayor ó menor tamaño, que no son gránulos minerales sino trozos de roca y forman las gravas y depósitos de cantos rodados. A veces, entre estos fragmentos se mezclan materiales más desmenuzados, que les dan coherencia; así se forman los conglomerados, pudingas y brechas.

Cuando van mezclados granos menudos con arcillas y se deposita todo junto resultando una masa que se hace con el tiempo muy coherente, esta roca recibe el nombre de *grauwacka*.

Por un proceso químico fórmanse calizas y dolomías, estratos salinos y capas de yeso.

Mediante la vida vegetal, se formaron depósitos de carbón, y por el trabajo de seres pequeñísimos, estratos de sílice ó inmensos depósitos calcáreos.

En resumen; se consideran como rocas de origen químico: ciertas *calizas*, la *dolomía*, el *yeso*, la *sal común* y la *limonita*, que ya hemos descrito en el volumen de Mineralogía, porque son rocas simples, es decir, minerales en grandes masas.

Como rocas de origen orgánico: la *harina fósil* ó tierra de diatomáceas, las *tierras de radiolarios*, la mayor parte de las *calizas* (creta, lumaquelas, etc.) y los *carbones* (turba, lignito, hulla, antracita), que también se han descrito como minerales.

En este capítulo sólo nos resta decir algo, ampliar algunos conceptos ya expresados, acerca de las rocas detríticas ó sedimentarias de origen mecánico.

19.—**Arcillas y pizarras.**—Las primeras han sido ya estudiadas como minerales. Son silicatos hidratados de aluminio que contienen vestigios de carbonatos de cal, magnesia ó hierro y entre las cuales abundan los minerales accesorios: el yeso, la pirita de hierro, el azufre, el rejalgá, etc.

La transformación, por efecto de presiones en el transcurso del tiempo, de las arcillas antiguas, depositadas en los mares primitivos, motivó la formación de pizarras arcillosas muy coherentes, algunas de las cuales datan de las

primeras edades de la Tierra. Las más antiguas ofrecen todos los tipos intermedios desde las que son claramente sedimentarias á las pizarras cristalinas. En general estas viejas pizarras son duras, claramente estratificadas, de color gris ó negro, á veces amarillas, blanquecinas, verdosas ó rojizas. Observándolas con el microscopio se ve que contienen elementos cristalinos, agujas amarillentas que parecen de hornblenda, láminas de mica, escamas de caliza y gránulos de cuarzo; contienen también apatito, pirita, magnetita, etc. En ellas se conservan perfectamente las impresiones de los vegetales y animales de la época, por lo que son de importancia geológica extraordinaria. Algunas veces las tiñen restos carbonosos, betunes, asfalto, etc., (*pizarras bituminosas*).

Se conocen muchas variedades: las *ampelitas* ó pizarras gráficas, negras, que tanto se emplean, las alumínicas de que se obtiene alumbre, etc.

20.—**Areniscas.**—Procedentes de la arena comprimida; á veces las presiones han sido tan grandes que los granos de cuarzo se funden parcialmente y la arenisca es de mucha dureza, y aun pueden fundirse casi por completo, formándose las rocas que se llaman *cuarcitas*.

El grosor de los granos determina la estructura de la roca, su mayor ó menor aspereza. Los granos se hallan unidos en ocasiones por

un cemento que varía, determinando el color y la dureza de la roca: puede ser arcilloso, calizo ó magnesiano, y entonces la arenisca es blanca ó gris; ferruginoso, y produce color amarillo, rojo ó pardo; bituminoso, y da tonos oscuros ó color negro, y glauconiano, en cuyo caso la arenisca es verde.

Como elementos accesorios, aparte el feldespato y la mica, se cuentan minerales de cobre y de plomo.

Ejemplo de areniscas es la *piedra de moler*, que se emplea tanto; algunas constituyen excelentes materiales de construcción y ciertas de ellas son tan duras, por efecto del metamorfismo ó por su antigüedad, ó por la naturaleza del cemento, que se aprovechan para el adoquinado de las calles (fig. 15).

Citaremos algunas otras variedades que llevan nombres propios:

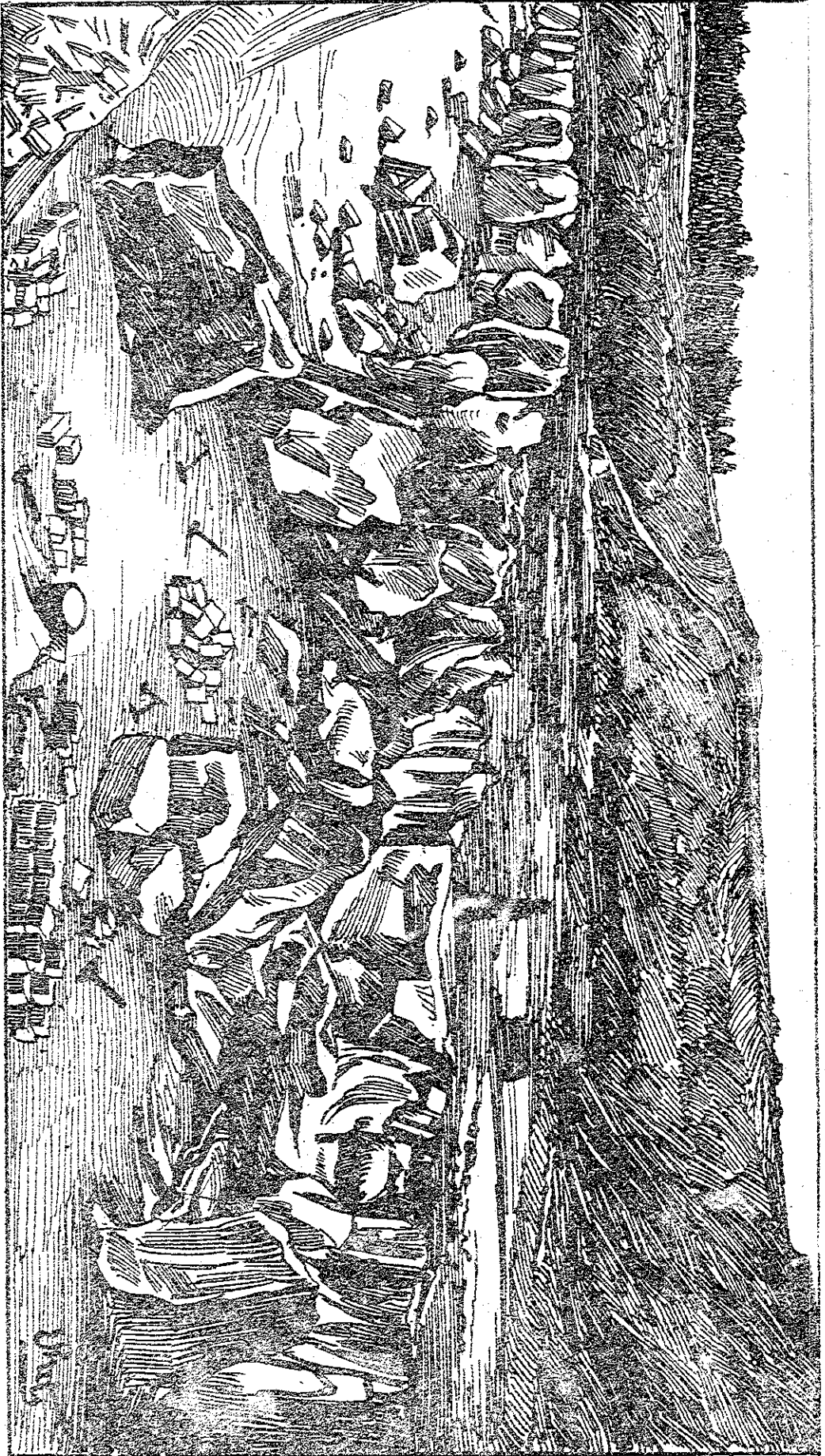
Psammita: es una arenisca con mica abundante, que adquiere por ella estructura pizarrosa.

Arkosa ó psammita feldespática: formada por feldespato, cuarzo y mica, unidos por un cemento arcilloso, kaolínico ó silíceo que los empasta perfectamente.

Molasa: de color verdoso ó gris, formada de granos muy finos de cuarzo con un cemento calizo ó margoso, con vestigios de feldespato, caliza, mica, talco y abundantes conchas fósiles.

La *glauzwacka* se puede considerar también

Fig. 15.—Un banco de arenisca muy coherente aprovechado para tallar adoquines



como una arenisca, porque los granos son muy finos y el cemento extraordinariamente sólido.

Distinguen en Mallorca con el nombre de *marés* una roca de aspecto de arenisca, pues está formada por granitos redondeados, pero que es caliza en vez de silíceo. Puede clasificarse como caliza de sedimentación mecánica (por más que algunas tienen abundantes cáscaras de foraminíferos) ó como arenisca calcárea. Los granos que la forman son blancos ó rojizos y se hallan unidos por un cemento arcilloso-calcáreo. Disuelta en el ácido clorhídrico, sólo deja 2 á 3 por 100 de residuo arcilloso y silíceo. Es de formación muy moderna, y se trabaja con tal facilidad, que para cortarla y tallarla se emplean las mismas herramientas que para la madera. Hay canteras en diversos puntos de la isla, y se la corta serrándola en grandes lajas, que luego se aplican á la construcción como si fueran ladrillos grandes. El *marés*, que tan blando sale de la cantera, se endurece mucho con el tiempo, y para un país templado, donde no hiela, es un excelente material de construcción.

21.—**Conglomerados y rocas sueltas.**
—Cantos unidos por un cemento, constituyen los conglomerados. Estos cantos, producto de una trituración incompleta de las rocas, según hemos dicho, son muy variados. En un mismo conglomerado se ven fragmentos de cuarzo, calizos, pizarrosos, de granito y de otras rocas

cristalinas. La variedad de los conglomerados dependerá, por tanto, de la naturaleza mineralógica de los cantos; de la calidad del cemento, que puede estar formado de caliza, arcilla, sílice, ocreos ó por la disgregación de las rocas originarias; del grosor de los fragmentos y proporción de cemento.

Cuando el conglomerado es de cantos redondos se llama *pudinga* (fig. 16), y *brecha* si los cantos son guijarros angulosos.

Son notables y merecen citarse las *brechas*

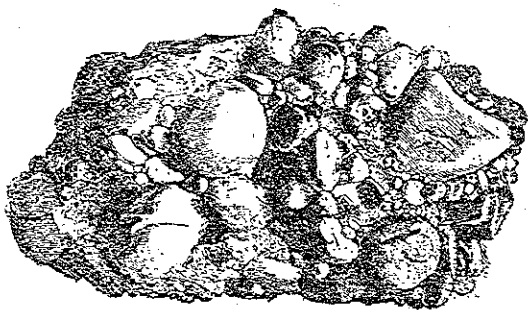


Fig. 16.—Una pudinga

huesosas en las que se hallan unidos por un cemento arcilloso ó margoso huesos y dientes de vertebrados. Llenan determinadas cavernas

y oquedades, proporcionando materiales preciosos á los paleontólogos y á la prehistoria humana.

Entre las rocas sueltas recordaremos las arenas, los cantos rodados y los cantos erráticos.

Las arenas de los ríos y de las playas marinas, las que forman dunas en los desiertos, son materiales bien diferentes que sólo tienen de común el predominio del cuarzo, casi siempre, y el estar formadas de gránulos sueltos.

Hay arenas calcáreas, como las de Mallorca, las hay formadas de hierro magnético (en Nueva Zelanda y en la desembocadura del San Lorenzo); existen también arenas verdes (cloríticas); pero en general son silíceas.

Como proceden de la trituración de rocas antiguas y algunas de éstas contienen, como elementos accesorios, metales preciosos y minerales diversos, se hallan éstos en las arenas de ciertos arroyos y ríos de las montañas. Las arenas de lavado proporcionan en América, en el S. de Africa, en España mismo (Pirineos, Sierra Nevada, Galicia), pepitas de oro, topacios, granates, turmalinas, etc., etc.

Cuando la arena es muy grosera y está formada de guijarros, se suele llamar *grava* ó *cascajo*.

Cantos erráticos son los arrastrados por los glaciares, corrientes lentas de hielo que descienden de las altas montañas. En general están muy pulimentados y tienen estrías. A veces los depósitos de estos cantos y de materiales incoherentes debidos á los glaciares, tienen bastante importancia.

Fenómenos geológicos actuales

DINÁMICA TERRESTRE

I

ACCIÓN GEOLÓGICA DE LOS VIENTOS

22.—**Erosiones y transportes.**—El viento *desgasta* las rocas—es un hecho bien vulgar—y además *transporta*, á grandes distancias en ocasiones, el polvillo ó la arena de las rocas desgastadas ó del suelo desecado.

La acción del viento depende, como es natural, de la fuerza y de la violencia; no desgasta lo mismo la brisa que lame suavemente los terrenos, que el viento huracán que los azota despiadado.

Y la acción del viento es más notable sobre

las rocas que la atmósfera y las aguas han descompuesto, ó los seres orgánicos (plantas con sus raíces, animales excavando sus guaridas) han removido, que sobre las duras piedras.

Cuando el viento arrastra polvillo duro ó arena y roza violentamente, produce el efecto de una lima; se vé esta acción en las rocas cercanas á las playas y en los desiertos. Hay en el estrecho de Gibraltar, cerca de Trafalgar, calizas pulimentadas por tal procedimiento. En el pecho de la gran Esfinge de Egipto se nota bien (fig. 17) esta erosión de las arenas

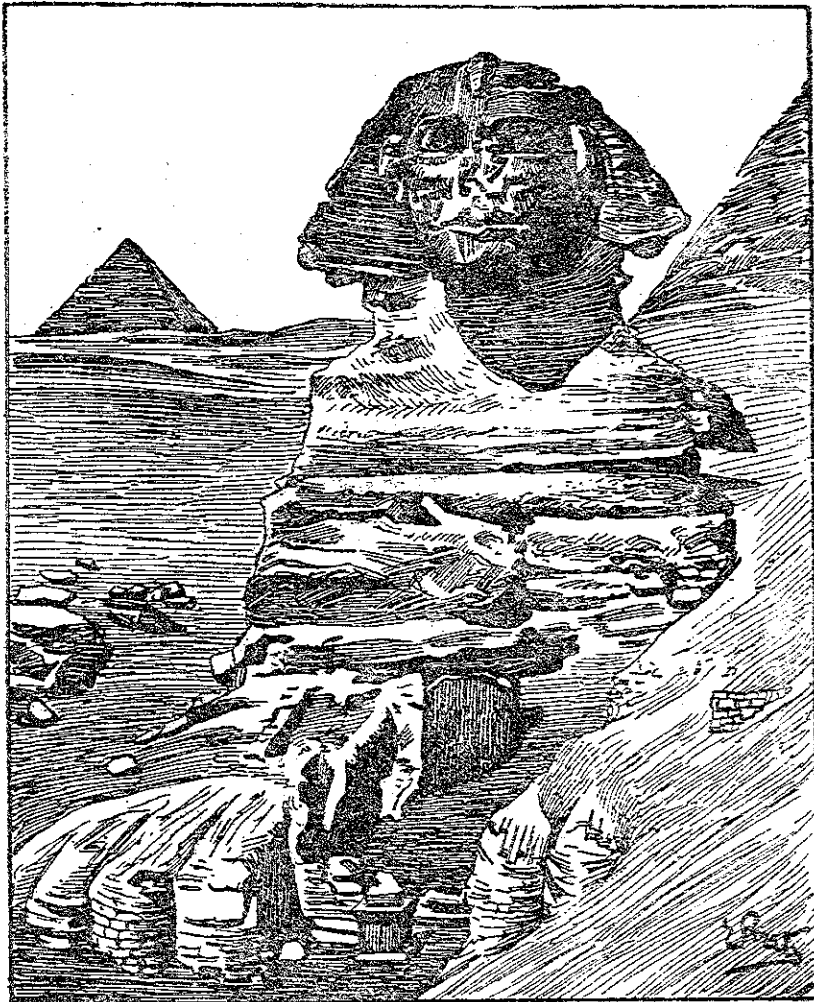


Fig. 17.—Efectos de la erosión en la esfinge de Egipto

arrastradas por el viento. En el Sahara hay cantos rodados que parecen aluviones de río, y han sido corroídos, redondeados y pulimentados por la arena fina.

Los vientos constantes llevan á veces cenizas y arenas á grandes distancias. Los huracanes desgajan moles de piedra, las arrastran y desmenuzan. Para calcular su fuerza basta recordar que hace poco tiempo un viento huracanado (la tramontana) volcó un tren cerca de la frontera franco-española (en Portbou) despeñando buen número de vagones.

Las arenas del desierto llegan á veces hasta el Mediodía de Francia. En 1835 las cenizas del volcán Coseguina (América Central) se repartieron, merced á los vientos, en un círculo de 270 millas de diámetro; en 1875 las que arrojaron los volcanes de Islandia llegaron hasta Suecia, recorriendo cerca de 2000 kilómetros. Cenizas de volcanes han paseado medio Mundo gracias á los vientos.

Es más frecuente de lo que parece la existencia de polvillo y cenizas en la atmósfera. Un geólogo español de grata memoria (Don José Macpherson) recogió en la atmósfera de Madrid ceniza volcánica del Krakatoa. Los tonos rojizos intensos que á veces toma el crepúsculo se deben á este polvillo diseminado por ciertas regiones atmosféricas. Recientemente se han observado en los picachos agudos de las montañas europeas, cuando ocultan el Sol, círculos luminosos concéntricos, blancos,

rojizos y azules, que han llamado *de Bishop*, coincidiendo con las erupciones del Vesubio.

Bien vulgar es el hecho de gastarse los vidrios en las construcciones cercanas á las playas, por la acción del viento que arrastra granitos de arena.

23.—**Depositos eolianos y dunas.**—Todos los materiales que el aire arrastre, si chocan con las montañas caerán al pie de éstas, y en efecto, así se forman depósitos heterogéneos que se han llamado *eolianos* (1). Los hay en América, al pie de los Andes, que alcanzan 100 metros de espesor; en China llegan á 600 metros; en los depósitos eolianos de Méjico, el polvillo de las rocas alterna con cenizas de los volcánes del país, también arrastradas por los vientos.

Las formaciones eolianas más notables son, sin duda alguna, las *dunas* ó *médanos*.

En cualquier playa de arena menuda, tras de un día de viento, se ven relieves bien marcados, rizaduras como las que hace la brisa en la superficie tranquila del mar durante el verano. Si haciendo viento se tiende cualquiera en la arena, notará como caminan los granos trasladándose hacia tierra si sopla en aquella dirección. Simplemente, por la constancia de este fenómeno, la playa se extiende invadiendo la arena los campos, lo que ocasiona pérdidas importantes.

(1) De *Eolo*, dios del viento en la mitología antigua.

El fenómeno adquiere proporciones extraordinarias en muchas playas y en los desiertos donde la arena se acumula en grandes montículos, en elevadas dunas, y donde el ímpetu de los vientos hace que la arena se traslade fácilmente de lugar.

Para que un médano se forme, basta que en una playa, desecada por el Sol y azotada por el viento, exista un obstáculo cualquiera; en él se detiene y se va acumulando la arena, formándose un talud suave hasta trasponer el obstáculo; si le traspone, al lado opuesto se forma otro talud más rápido y, enterrado el obstáculo, queda un montículo alargado, de suave inclinación hacia la costa y más brusca hacia el interior.

En el Mediterráneo no tienen gran importancia las dunas; en el Atlántico y los mares del N. son á veces de gran altura (fig. 18). Cerca del Paso de Calais las hay de 80 metros. En el Sahara llegan á 200 metros.

La traslación de las arenas en las dunas depende de la velocidad media del viento en cada región. En Gascuña se ha calculado que avanzan 20 á 25 metros por año, pero en tempestades violentas de viento huracanado, bastan algunas horas para que la arena cubra edificios y aún aldeas enteras.

Las *dunas continentales* en los desiertos, y las *dunas marítimas* en las costas pueden producir, aparte los efectos destructores sobre sembrados, huertas y viviendas, desviaciones

del cauce de los ríos ó de la desembocadura, formación de estanques y lagos, separándolos del mar, y aún desaparición de ríos cuyo caudal de agua se filtra.

Para evitar la invasión de las arenas se fortifica el suelo, sembrando primero plantas

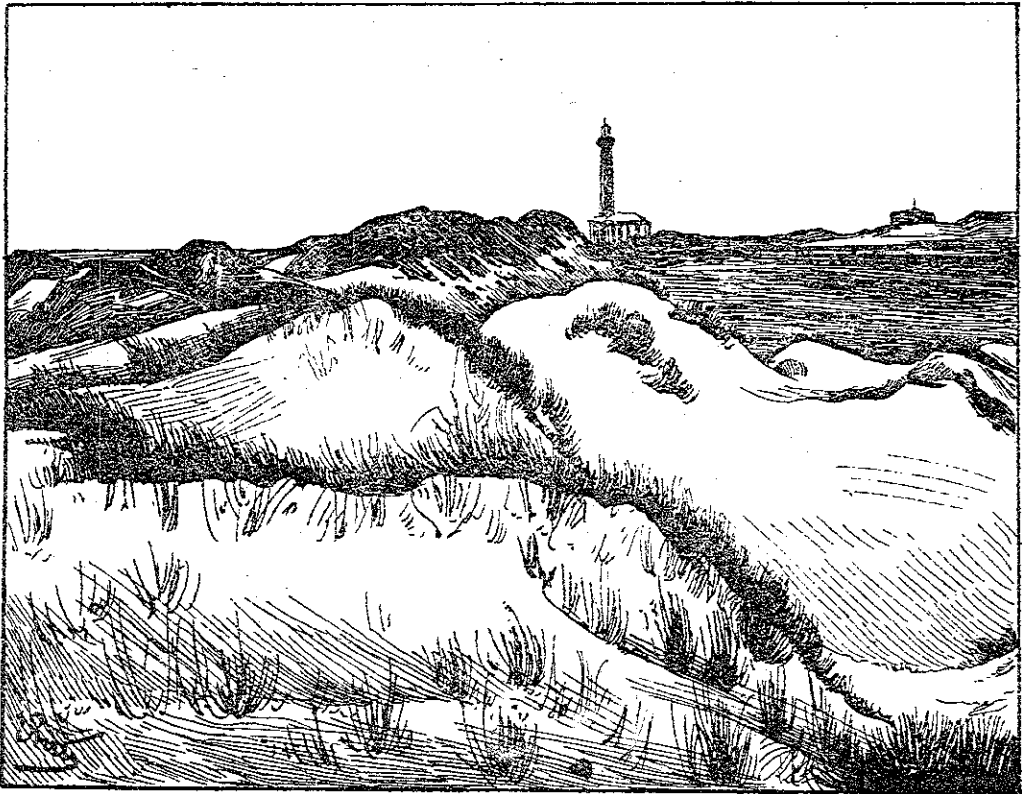


Fig. 18.—Aspecto de las dunas en las costas francesas del Atlántico

anuales que rápidamente se desarrollan y á cuyo amparo se hacen plantaciones de arbustos y últimamente de pinos. Así se ha logrado transformar en territorios ricos los que eran antes arenales estériles, asegurando además una vida tranquila á las poblaciones amenazadas.

II

EL AGUA LÍQUIDA

24.—**Circulación del agua en la Tierra** (1).—Es el calor solar causa primera de la circulación del agua; por él se evapora la que constituye los mares, la que se acumula en charcos y lagos, la que impregna el suelo; diariamente enorme cantidad de agua asciende á la atmósfera en forma de vapor; de la atmósfera vuelve otra vez á nuestro suelo por las lluvias, por las nieves que cubren las altas cimas y forman enorme casquete en los polos, por las nieblas y los rocíos.

Y al caer el agua líquida desarrolla energías inmensas; son las mismas energías solares con las que cambió de estado y ascendió á considerables alturas atmosféricas.

Parte del agua evaporada vuelve así directamente al mar; otra parte cae en el suelo y, ó bien se filtra por grietas y terrenos permeables, se acumula en las grutas, forma corrientes subterráneas, brota en infinitas fuentes y llena los pozos, ó bien corre por el terreno impermeable ó por las laderas de los

(1) Para mejor inteligencia, convendría tener bien presentes los datos consignados en la *Geografía Física* de esta misma serie.

montes pelados, se acumula en arroyos y torrentes para reunirse valle abajo en ríos de mayor caudal que le llevan otra vez al mar de donde salió. Y esto se repite incesantemente, y así se reparte la energía solar, merced á la cual se cubren de nieve las montañas (aunque parezca paradójico), se alimentan las fuentes, se adornan las grutas, corren los ríos, saltan las cataratas y los torrentes, crecen los vegetales embelleciendo nuestra campiña, prosperan las industrias y vive el hombre mismo.

El agua, pues, siempre en movimiento, será un agente poderoso, el más poderoso quizá del trabajo geológico, unas veces destruyendo, otras arrastrando materiales y muchas veces construyendo nuevos terrenos con los restos de los más antiguos.

Y estudiaremos sucesivamente la acción geológica del mar, el gran depósito, de las aguas que corren por los continentes, de las que se filtran por el suelo, y en capítulo distinto, de las que en estado sólido cubren las montañas altas y los territorios fríos.

25. — **Erosiones y depósitos marinos.** — La agitación de los mares, producida por los vientos, es la causa principal de su actividad mecánica. Las corrientes marinas producen escasa labor geológica; su fuerza de arrastre es poco considerable y apenas logran transportar algas y ligeros sedimentos flotantes ó escorias volcánicas.

El empuje impetuoso de las olas, como los torrentes de las montañas, deshace las rocas costeras, derrumba acantilados, transportando los materiales; en algunos puntos, las olas en la alta marea penetran en tierra por canales estrechos, avanzando impetuosamente con vanguardia de espuma y formando cataratas que todo lo destruyen; así pasa en el río Tsientang, en China, cuya ola en el flujo tiene una milla de anchura y 10 metros de alta, penetra hasta 15 kilómetros al interior con una velocidad de 5 millas por hora.

Pero los mayores efectos no se producen por la marea sino en casos excepcionales; se producen por el fuerte oleaje que motivan los vientos. Las olas en alta mar tienen cuando son fuertes la altura de 4 á 6 metros, pero chocando en la costa se elevan 20, 50 y aún 80 metros.

El choque de las olas en las rocas costeras forma en éstas surcos ó *señales de ribera* (figu-

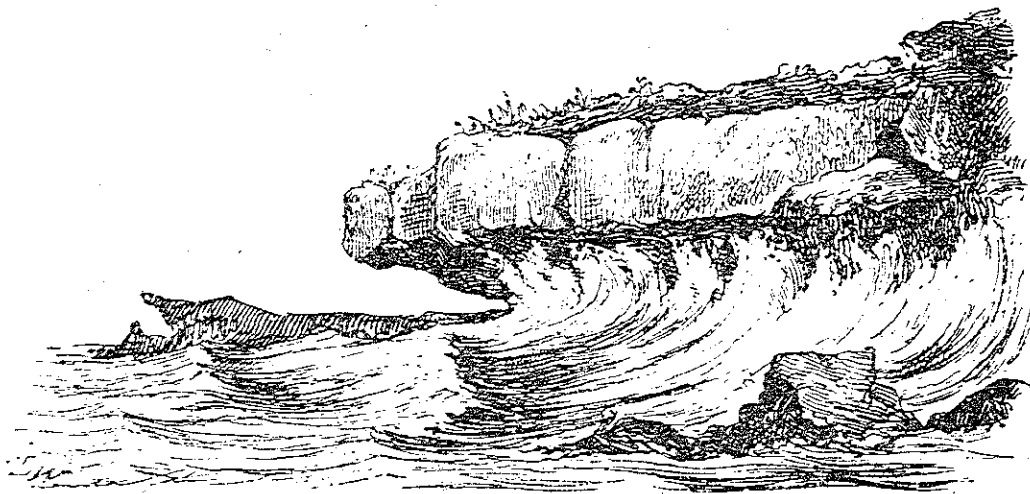


Fig. 19.—Cornisas producidas por el choque de las olas

ra 19) que al descender las aguas quedan á cierta altura como prueba de un antiguo nivel.

Contra los acantilados constituídos por rocas cristalinas, duras, la violencia de las olas produce el derrumbamiento de rocas, y la costa

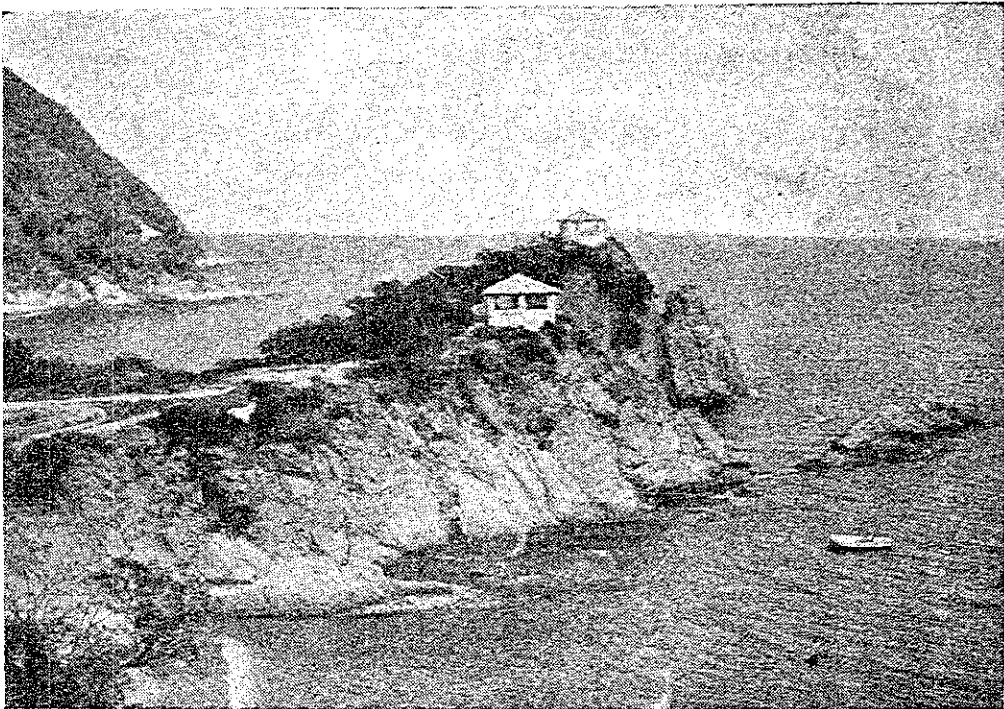


Fig. 20.—Litoral granítico de la provincia de Gerona
(Junto á San Feliu de Guixols)

parece, con mar tranquilo, llena de ruinas; así pasa en nuestro litoral de la provincia de Gerona (fig. 20), donde el granito forma escollos, islotes, agujas; si el terreno es más blando ó la costa corresponde á un vallecito, el mar penetra formando una escotadura, una cala y á veces una ensenada que termina en su correspondiente playa; así el litoral es quebrado, lleno de escotaduras, abrupto.

Las masas de roca derrumbadas se rompen en fragmentos angulosos, el mar los redondea, los desgasta, produciendo arena gruesa, después arena fina, cuarzosa con laminitas de mica, arrastrando la parte arcillosa resultante de la descomposición del feldespató.

Cuando la costa es sedimentaria, no está constituída por rocas cristalinas, sino por calizas, areniscas, pizarras ó arcillas, el desgaste es más regular; el litoral no parece quebrado y abrupto; así pasa en la provincia de Tarragona. Los residuos del desgaste son arenas calizas, arenas silíceas ó barro arcilloso, según la composición del terreno. En las calizas duras fórmanse acantilados potentes, por regla general redondeados, que nuestros marinos llaman *morros* ó *molas*, bien frecuentes en el litoral montañoso de Mallorca; pero las rocas calizas se desmenuzan con rapidez. En ellas son frecuentes las grutas producidas por las olas en las partes de roca menos resistentes. La costa mallorquina está llena de grutas así originadas; buen ejemplo son las espléndidas cuevas de Artá y del Drach.

Donde el poder destructor del oleaje resalta extraordinariamente es en las islas pequeñas, que se descomponen en peñascos aislados de formas raras. Esto sucede en las islas Columbretes (fig. 21) de origen volcánico, situadas frente á Castellón de la Plana (islotos denominados la *Señoreta*, el *Bergantín*, el *Mascarat*).

La labor sedimentaria de los mares es importantísima; á lo largo de las costas se depositan en una amplia zona arenas, cantos y arcillas. En este trabajo influyen mucho las aguas continentales, ya ampliaremos los datos al ocuparnos de los ríos.

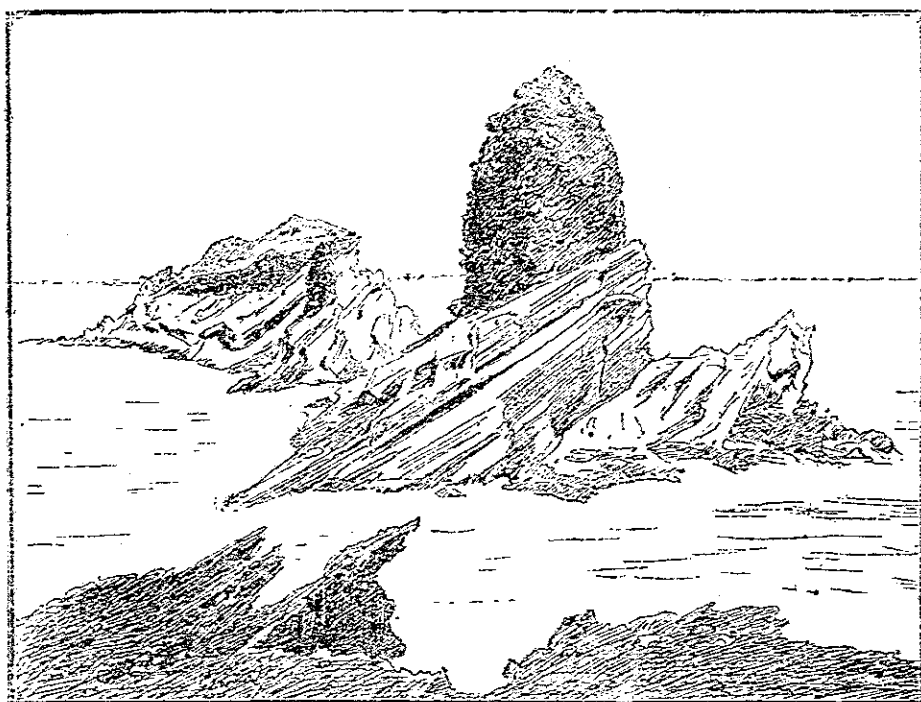


Fig. 21.—Rocas aisladas de las islas Columbretes (ejemplo de destrucción de terrenos por las olas del mar)

Citaremos ahora la formación de los *cordones litorales*; líneas de cantos y residuos que el mar deposita al pie de los acantilados y siguiendo las escotaduras de la costa.

En las bahías hay una zona intermedia entre el mar abierto y las aguas tranquilas; en ella suelen depositarse sedimentos abundantes, en la dirección de las corrientes ó de los vientos reinantes; en ciertas condiciones estos sedi-

mentos van alargando una de las puntas de la bahía y ésta se cierra poco á poco, pudiendo convertirse en una gran laguna. Este es el origen que han tenido nuestros estanques litorales; la Albufera de Valencia, Mar Menor, etcétera. Esta formación de lagunas es más frecuente en la desembocadura de los ríos, cuando el mar es poco profundo, los arrastres del río abundantes y sopla el viento más fuerte en una dirección constante. (Alfaques.)

26.—**Acción geológica de las lluvias.**— Tan sólo por la fuerza de la caída, el agua de lluvia produce efectos varios en el suelo, de mayor ó menor intensidad, según la coherencia de las rocas.

En un terreno arenoso forma surcos profundos, según la cantidad de agua y la fuerza de la caída; en las rocas arcillosas verticales prodúcense surcos también verticales que facilitan el derrumbamiento.

Cuando el terreno es homogéneo, los granos sueltos son inmediatamente arrastrados por las lluvias; los otros resisten más. Puede darse el caso de que una piedra plana, situada en terreno suelto, defienda de la lluvia la parte que cubre, y con el tiempo queda una pirámide aislada porque toda la tierra de alrededor ha sido arrastrada. Estas pirámides, que no resisten mucho tiempo cuando se componen de terreno poco coherente, dan aspecto fantástico á ciertos lugares. Todas las obras citan como ejemplo, las *pirámides de Botzen*, en el

Tirol, y las *chimeneas de las hadas*, en el Alto Saboya (fig. 22). Cada pirámide aparece cu-

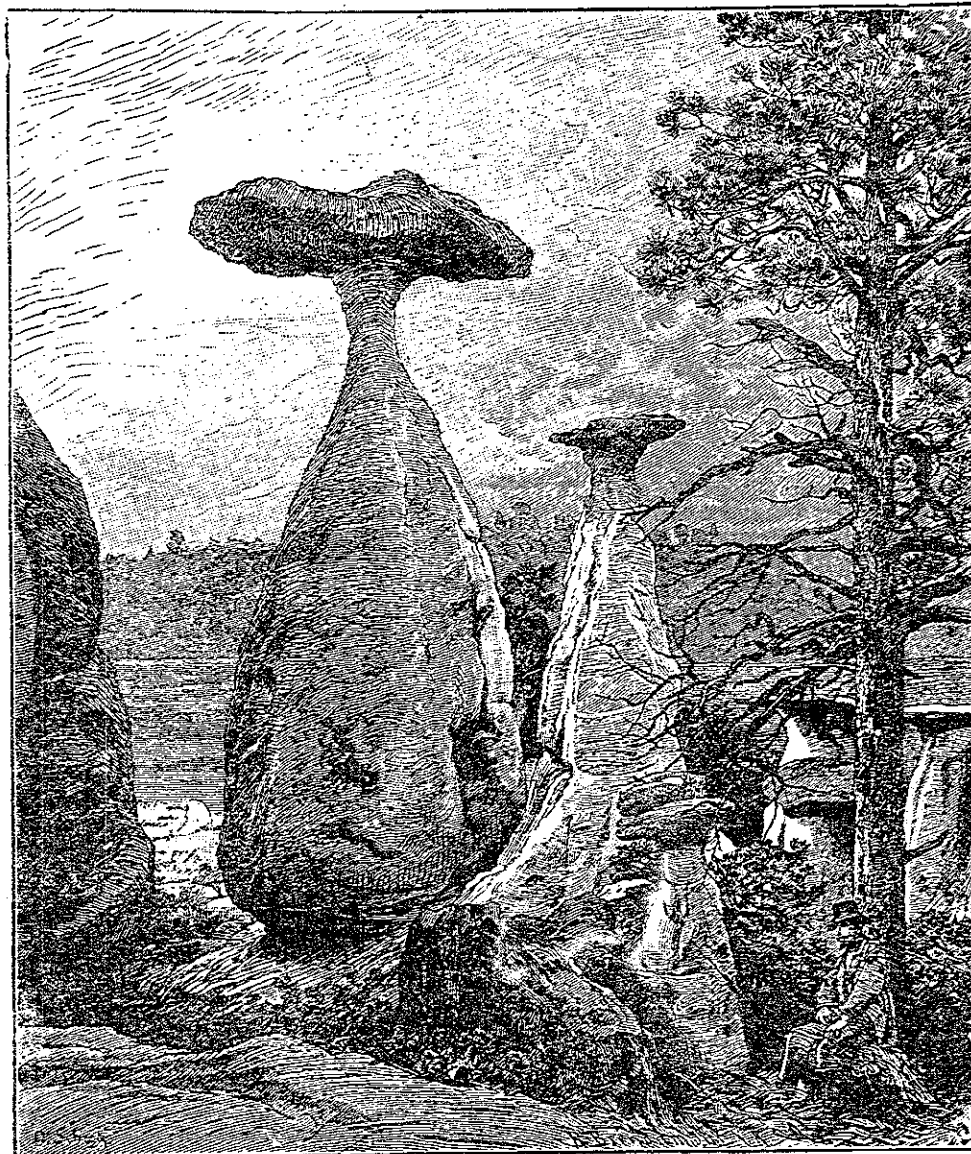


Fig. 22.—Chimeneas de las hadas en el Alto Saboya
(producidas por las aguas de lluvia)

bierta por la piedra á que debe su formación; las hay hasta de 30 metros de altura.

Simplemente por la acción de las aguas de lluvia, se comprende que al pie de las montañas se vaya depositando un sedimento proce-

dente de la cima y de las vertientes, sedimento que se diferenciará, por su incoherencia y por los cantos angulosos que contiene, del depositado en el fondo de lagos y mares y del acarreado por los ríos, cuyos cantos son siempre redondeados.

Pero la acción de la lluvia sobre los diferentes terrenos se une á la acción de la atmósfera; es á la vez mecánica y química, y por su complejidad y por su importancia bien merece párrafo aparte.

27. — Acción combinada del aire y el agua. — Es el principal autor de la erosión que sufren las rocas, el agente que esculpe los terrenos superficiales, dándoles aspectos distintos, fisonomías bien diferentes.

Influyen en esta acción combinada: las variaciones de temperatura, los cambios bruscos del calor al frío; las heladas que aumentan el volumen del agua líquida que impregna las rocas; las diferencias de sequedad y humedad, pues muchos terrenos al secarse se desmenuzan; la acción química oxidante é hidratante del aire; la influencia del ácido carbónico de la atmósfera; la solubilidad de los materiales en el agua; una suma de acciones de naturaleza diversa, merced á las cuales las rocas más duras expuestas al Sol, al aire, á la lluvia, se alteran superficialmente, se desagregan, se descomponen y acaban por reducirse á polvo.

Los efectos son bien distintos, según la naturaleza de las rocas, la disposición de los estra-

tos, la homogeneidad ó diferente resistencia que presentan.

En las areniscas de cemento calizo, la disgregación es fácil, la substancia que las aglu-

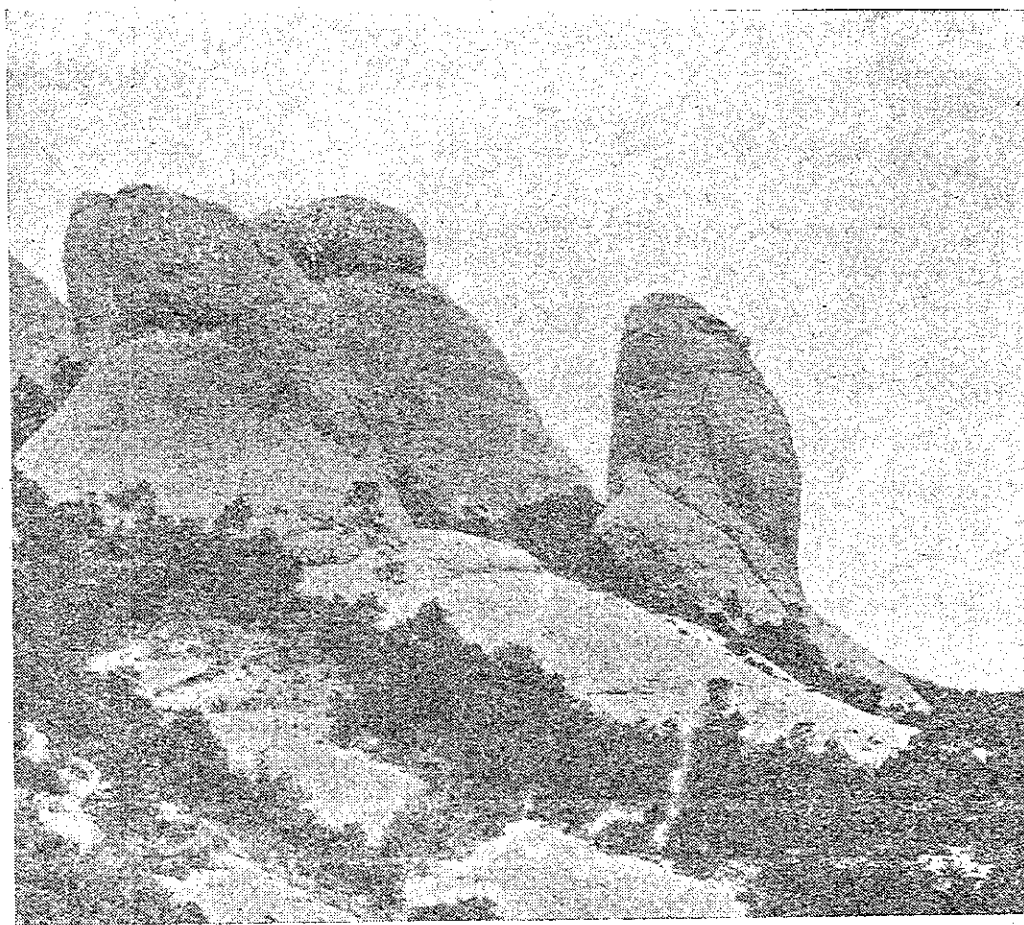


Fig. 23.—Montserrat.—Figuras producidas por la erosión en los conglomerados

tina se disuelve formándose arena; las partes más resistentes resaltan y las moles toman formas redondeadas, como sucede en la arenisca del Castell del Aramprunyá, cerca de Barcelona.

Si el cemento de la arenisca es arcilloso, se producen hendiduras verticales por las que

filtran las aguas; la masa se rompe en fragmentos regulares que ofrecen el aspecto de ruinas gigantescas.



Fig. 24.—Montserrat.—El gigante encantado. Figuras de erosión en los conglomerados

Una cosa parecida ocurre á los conglomerados, según el cemento. Cuando éste se disuelve ó se reblandece por las aguas, los cantos se separan y la erosión produce enormes efectos. En Montserrat la montaña es un con-

glomerado cuyo aglutinante se reblandece por las lluvias; las capas del terreno son perfectamente horizontales; la gravedad tiende á mantener esta horizontalidad y protege la parte débil de la mole (que son las junturas); por eso rompe el agua y desgaja verticalmente; la nieve y el agua que se hiela en las hendiduras verticales favorecen la erosión en este sentido; la atmósfera redondea los mogotes que se destacan, y así aparecen aquellas figuras fantásticas erguidas, aisladas, y aquellos barrancos profundísimos, y aquellas moles redondas, que hacen excepcionalmente bello el panorama (figs. 23 y 24).

Las areniscas verticales producen agujas muy agudas, como ocurre en el llamado *Jardín de los dioses*, en América del Norte.

Las montañas pizarrosas suelen ser muy pintorescas; ofrecen las crestas aserradas, con profundas escotaduras.

Es notable la erosión de las calizas y de las dolomías. En la superficie de las primeras deja á veces el agua de lluvia, cargada de anhídrido carbónico, surcos verticales irregulares, atacando las partes más débiles de la roca y algunas calizas, que contienen hierro, material que contribuye á su descomposición, y que se encuentran en territorio húmedo, se descomponen con gran facilidad, asurcándose y llenándose de oquedades. Tal sucede en muchos de los puntos de Mallorca.

La erosión de las calizas dispuestas en ban-

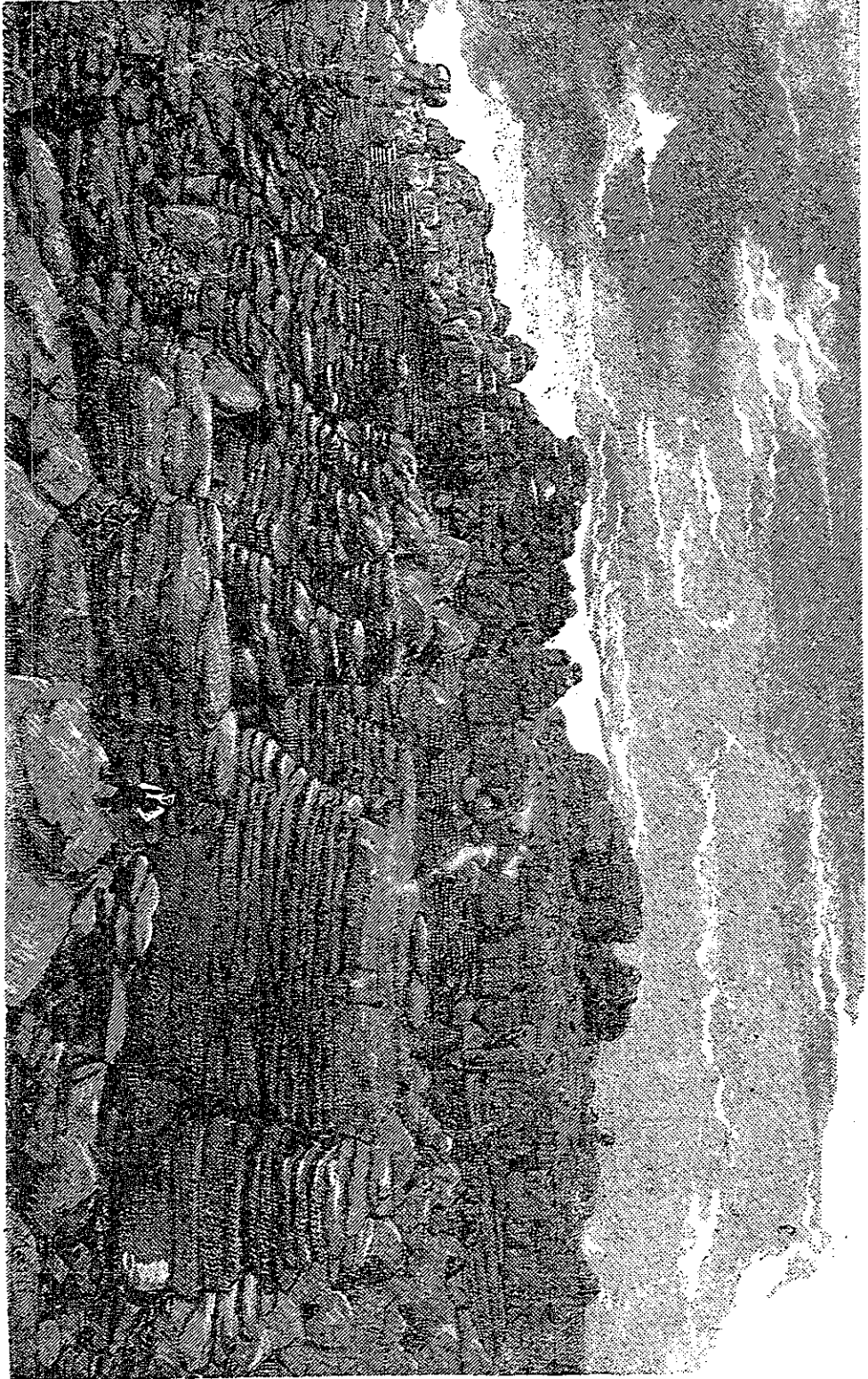


Fig. 25.—Torcal de Antequera. Erosión en calizas horizontales

cos horizontales produce el aspecto de ruinas, que tiene el famoso *Torcal de Antequera*, que parece el emplazamiento de una de aquellas ciudades fabulosas de la antigüedad (fig. 25).

Enorme aglomeración de ruinas parece también la *ciudad encantada* de Cuenca, efecto de la erosión en las calizas dolomíticas, que presentan aspectos fantásticos (fig. 26).

Cuando alternan bancos de caliza con es-

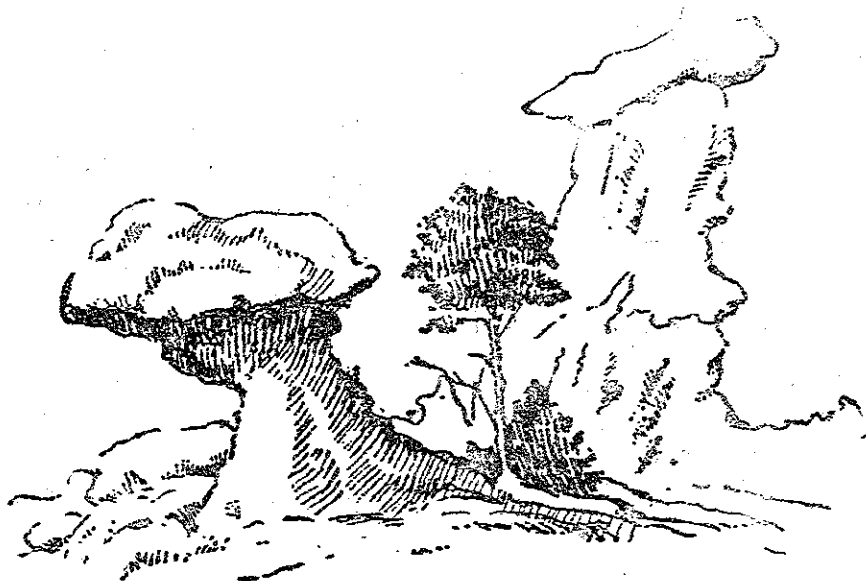


Fig. 26.—En la ciudad encantada de Cuenca

tratos débiles de otra substancia, el agua va arrastrando ésta y descarna aquéllos que quedan pendientes, cayendo al fin por su propio peso ó por la producción de grietas verticales, y si esto pasa en las laderas de un monte, al fondo del valle van á parar en revuelta confusión las moles destacadas, formándose un verdadero *caos* de peñascos. No lejos de Manresa, en la línea férrea de Lérida puede observarse este género de denudación.

El granito es una de las rocas que más se alteran por la acción atmosférica, sobre todo por el aire húmedo, gracias á la descomposición del feldespato. Como no tiene estratificación, se corroe por igual y así se forman esas moles redondeadas, que abundan en los terrenos graníticos de España, sobre todo en las cimas. Algunas de estas moles están superpuestas (se han llamado *pedras caballeras*) y en equilibrio que parece inestable, dándose el caso curioso que ofrece la piedra del Tandil en la República Argentina, y Pedralta, cerca de San Feliu de Guixols (fig. 27). Estas masas redondas tienen una pequeñísima base de sustentación y se mueven á un lado y otro pareciendo que van á precipitarse en el abismo.

Las montañas graníticas adquieren formas robustas y redondeadas, como pasa en el Guadarrama y el Montseny.

Muchas rocas duras aparecen atravesadas por fracturas paralelas que les dan el aspecto de estratificación, y estas fracturas ó *diaclasas* se entrecruzan en diferentes sentidos é influyen en las formas que adquieren las rocas por la erosión.

28.—**Erosiones y depositos torrenciales.**—En las montañas cuya altura no alcanza la región de las nieves perpetuas, el agua cae á veces violentamente, y como los declives son bruscos, desciende con rapidez en corrientes impetuosas que se denominan torrentes. Estas corrientes son periódicas; en los tiempos de

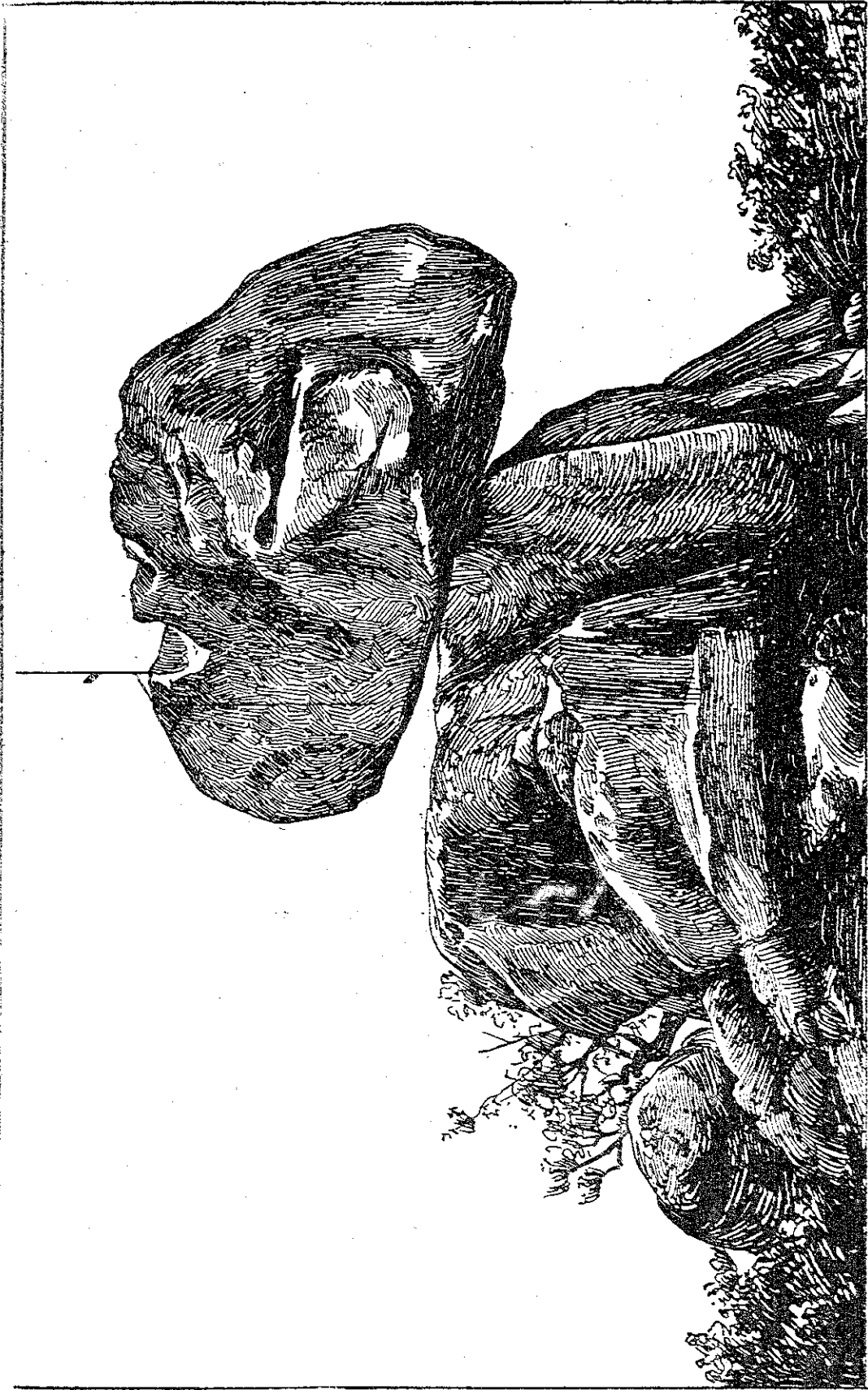


Fig. 27. — Pedraja-Alta, en San Feliu de Guixols (erosión del granito en las alturas)

sequía el cauce está seco y muestran el poder de la ola torrencial enormes masas rocosas acumuladas en el fondo.

Las peñas desprendidas, empujadas con violencia, chocan entre sí y con las paredes del cauce, rompiéndose en fragmentos y desmenuzándose; forman así los torrentes masas de piedras redondeadas, lodo y arena, que van depositando cuando en la última parte de su trayecto el agua pierde la velocidad y carece de empuje para seguir arrastrando los materiales. Esa zona en que los materiales de la erosión torrencial se depositan, recibe el nombre de *cono de deyección*.

Los torrentes abren profundas escotaduras en las montañas, principalmente en las calizas; es buen ejemplo el espléndido torrente del Pareis, en Mallorca, uno de los más bellos lugares de aquella isla. En él pueden observarse las llamadas *marmitas de gigantes*, agujeros profundos, redondeados, socavados por las piedras en los torbellinos, por el movimiento circular que éstos les hacen adquirir. Cuando baja la ola torrencial el agua parece hervir en estas marmitas, y las piedras bailan en su agujero, aumentando así el ruido del torrente.

Los torrentes son una amenaza para los pueblecillos de los valles; causan á veces daños irreparables á las personas, á las viviendas y á los cultivos. Aumentan con la tala de los árboles y disminuyen donde la vegetación

cubre las laderas de las montañas. Por esta causa se procura en todos los países la repoblación forestal de las montañas y la construcción de barreras, de muros, de canales y de pantanos que aminoren ó destruyan el poder de los torrentes.

Por la bárbara destrucción de los bosques, el departamento francés de los Bajos Alpes, que contaba en 1846 con 156.700 habitantes, descendió hasta 128.300 en 1886, habiendo perdido en 40 años 28.400 habitantes.

En Francia se han restituído en 30 años á la vegetación arbórea más de 150.000 hectáreas de terreno y se continúa metódicamente este trabajo de reconstitución del suelo que da por resultado: el aumento de la riqueza, la mejora de los bosques existentes, la formación de bosques nuevos, el crecimiento de la población agrícola restituyendo al cultivo y asegurando grandes extensiones de territorio, la seguridad de las vías públicas de las aldeas y de los caseríos antes amenazados por los torrentes y sobre todo la seguridad de las personas, que pueden dedicarse confiadas á sus trabajos en comarcas que tuvieron que abandonar por los riesgos continuados que corrían.

29.—**Trabajo de los ríos.**—Las corrientes de agua que descienden de las montañas, las que alimentan fuentes de gran caudal se van juntando, á medida que descienden, en el fondo de los valles, y los valles confluentes reúnen sus aguas en un valle principal, y así

engruesan las corrientes, adquiriendo permanencia, formándose lo que se llama un río; llega éste á la llanura, se regulariza su curso, se ensancha y constituye una de esas grandes vías fluviales que dan vida á los continentes.

El trabajo de los ríos tiene inmensa importancia; basta consignar que cada kilómetro cúbico de agua contiene disueltos 104 toneladas de materiales calcáreos y sales magnesianas, 17 de sílice, 4 de sal común y hasta un total de 182 toneladas de las diversas sales solubles; además, en suspensión, 80.000 toneladas de substancias sólidas. Esta inmensidad de materiales, aumentados en los períodos de avenidas violentas, ha contribuído á la formación, casi en su totalidad, de los terrenos sedimentarios. El Mississipi vierte cada año en el Golfo de Méjico 28.000,000 de metros cúbicos de aluviones; el Ródano vierte 21.000,000 en el Mediterráneo.

La mayor parte de los materiales arrastrados por los ríos proceden de las regiones superiores de sus cuencas, donde precipitan las lluvias y los torrentes moles que se deshacen. Allí los cauces se ahondan y ensanchan de continuo. En la llanura, como la corriente no tiene gran velocidad, se va depositando el lodo en el fondo del río; éste tiene la tendencia á rellenar su cauce, y por eso el agua se desborda á los lados hasta abrir nuevos cauces; así se originan ramas distintas del río que dejan entre sí grandes islas. Poco á poco fór-

manse por este procedimiento los que se llaman *terrenos de aluvión*, acrecentados por las avenidas que acarrean lodo, arenas y piedrecitas.

En algunos ríos el cauce sube incesantemente; las poblaciones de las orillas, para defenderse, van levantando diques, hasta ocurrir el caso curioso del Po, que, en el N. de Italia, corre en muchos puntos por encima del nivel de la campiña.

Ríos hay que se expansionan en grandes lagos, como ocurre al San Lorenzo en los Estados Unidos, que tiene en su trayecto los grandes depósitos del Superior, Michigan, Huron, Erie y Ontario.

Cuando el río corre por terreno fuerte y halla en su cauce una zona más débil, la erosión en ésta es mayor, se va en aquella zona ahondando cada vez más hasta producirse un salto de agua, una cascada ó una catarata, desde el terreno más resistente al más suelto. Si la corriente encuentra una barrera—terreno más resistente que le detiene, una montaña—se ensancha, produciendo un lago que desagua cuando logra romper ó trasponer la barrera.

Los ríos que desaguan en lagos, depositan en éstos sus aluviones, formando lo que se llama un *talud sublacustre*.

Pero donde los ríos forman depósitos de gran importancia es en la desembocadura; trataremos de ello en párrafo aparte.

30.—**Barras y deltas.**—Cuando un río

desemboca en el mar por un valle estrecho, formando lo que se llama un estuario, como pasa con el Tajo, en donde las aguas se juntan, se forma una *barra*, generalmente arenosa, depositándose en parte los sedimentos. Estas barras son movedizas, se deforman por la marea y constituyen un serio peligro para la navegación.

No es raro que el estuario se rellene cuando la costa no es montañosa; si lo es y la costa descende, por cualquier movimiento, el mar penetra en el estuario y el río vierte sus aguas dentro de su antiguo alveolo rellenándolo gradualmente; este fenómeno puede observarse en nuestras pintorescas rías gallegas. La de Vigo, por ejemplo, se rellena cerca de Redondela, y en la ciudad que le da nombre atracan, en cambio, los vapores casi en la costa.

Si el estuario se rellena y en la desembocadura del río no hay grandes mareas ni corrientes costeras de importancia y llega mansa, sin velocidad apenas, la lámina fluvial, arrastrando gran cantidad de arena y lodo, estos sedimentos forman una isla triangular denominada *delta*, y el agua del río se divide en dos ó más canales, entre los cuales se realiza el relleno.

Deltas extensísimos son los del Nilo, del Ganges y del Missisipi. En el Mediterráneo forman además estos depósitos: el Ródano, el Po y el Ebro; de menos importancia casi todos los ríos. El delta del Missisipi tiene la

forma de una pata de ave, con tres ramas; su longitud es de 320 kilómetros y crece cada año unos 250 metros. El del Po avanza anualmente 70 metros.

El delta del Ebro (fig. 28) crece también porque se prolonga mucho, merced á la dirección en que empujan á los sedimentos los

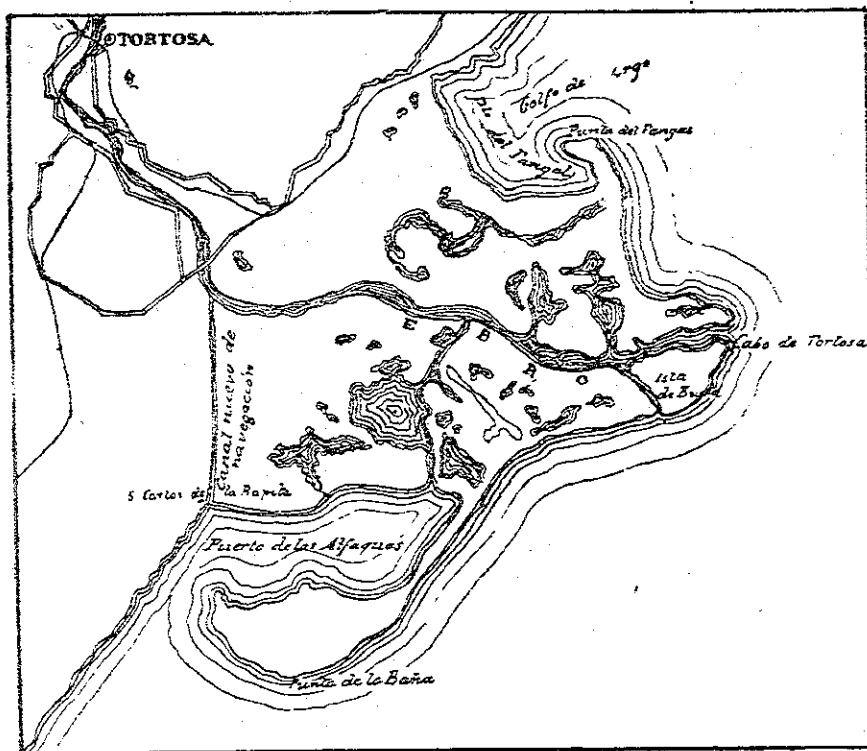


Fig. 28.—Delta del Ebro

vientos reinantes, la llamada punta de la Banya, relleniéndose con rapidez el gran puerto de los Alfaques; lo mismo pasa al lado opuesto, aunque en menor escala, con el puerto del Fangar. La punta de la Banya avanza por término medio unos 100 metros anuales, pues el faro que en 1860 se edificó en su extremo, dista hoy más de 4 kilómetros de la punta actual.

Los sedimentos que ríos, arroyos y aguas de lluvia vierten en el mar, con los materiales que las olas arrancan, se depositan á lo largo de las costas, formando una faja que oscila entre 100 y 200 kilómetros; á veces, cerca de los grandes acantilados se estrecha, pero, en cambio, por excepción puede alcanzar el depósito terrestre hasta más allá de 500 kilómetros (1).

31.—**Régimen de las aguas subterráneas.**—Por todas las rocas pasa el agua; las más duras presentan grietas imperceptibles que recorren gotas diminutas. Por eso, en cualquier terreno que se abra un pozo se ven destilar gotitas de líquido por las paredes, como en el cuerpo del hombre un pinchazo en cualquier parte hace brotar sangre merced á la extensísima red de tubos capilares. Hay, sin embargo, rocas que se llaman permeables (como las areniscas, los aluviones, el granito descompuesto, etc.) porque las atraviesa fácilmente el agua, y otras impermeables porque no la dejan pasar (arcillas, granito compacto, etc.)

Y la cantidad de agua que impregna los terrenos es enorme, superior á la masa total de la que forma los océanos; júzguese por este dato cuál no será la importancia de este agente geológico capaz de disolver, de hidratar, de

(1) Para más detalles, véase la *Geografía Física* de esta serie.

oxidar y de ejercer poderosas acciones mecánicas en el fondo de los terrenos á donde llega por la tupida red de hendiduras capilares que tienen aún las rocas más duras.

Al atravesar el agua el terreno donde la vida vegetal tiene su asiento, en el contacto de los restos orgánicos se carga de ácido carbónico; si atraviesa rocas calizas las disuelve fácilmente, cargándose de bicarbonato cálcico, que abandona en grietas y oquedades, pasando á carbonato y cristalizando.

Lo mismo que disuelve los materiales calizos, circulando por las capas terrestres se va cargando de diversos minerales, y cuando halla el obstáculo de un terreno impermeable se acumula y corre sobre él, constituyendo lo que se denomina una *capa acuífera*. Una cortadura cualquiera del terreno, una falla, hace brotar el agua formándose un manantial. Si el líquido está poco cargado de substancias minerales porque ha corrido por terrenos silíceos es potable y sirve para beber. Si contiene abundante materia disuelta se considera como agua mineral.

Cuando la capa acuífera desciende, siguiendo las ondulaciones del terreno, desde la parte alta al fondo de un valle, ó por una ladera, si se perfora el suelo abajo, hay grandes probabilidades de que el agua brote abundante hasta cierta altura por la presión hidrostática. Así se producen los que se llaman *pozos arte-*

sianos (fig. 29), de que ya nos hemos ocupado en otro volumen (1).

Aguas cargadas de bicarbonato de cal, lo mismo que dejan en las grietas, en las oquedades y en las grutas el carbonato cálcico, lo precipitan sobre los objetos que en ellas se sumergen, formando una costra que reproduce sus formas; por esto se llaman *aguas incrus-*

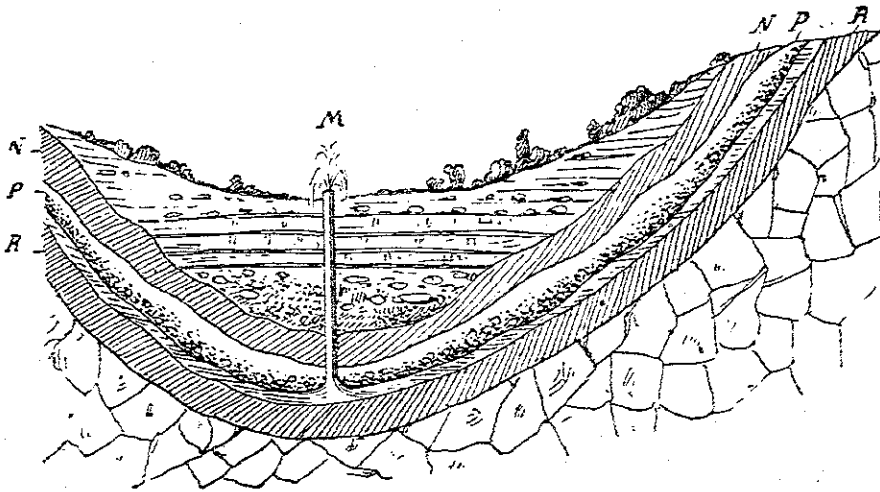


Fig. 29.—Corte de un pozo artesiano
(El agua filtra y se acumula en la capa permeable P, entre dos capas impermeables N y R).

tantes. Caliza, así depositada, es la que recibe el nombre de *toba*.

32.—**Acciones mecánicas de las aguas subterráneas.**—Acumulándose el agua que se filtra puede correr por un sistema de grietas y hasta originar verdaderos ríos subterráneos, y la corriente ensancha las grietas, aumentando su poder de erosión las mismas piedras y arenas que arrastra. Así se forman grutas de longitud considerable, y así se for-

(1) *Geografía Física*, pág. 132 y siguientes.

maron la mayor parte de las que admiramos en el interior de los continentes, en épocas en que era mucho mayor que hoy el caudal de las aguas de lluvia.

Filtrándose el agua en abundancia y disolviendo los materiales del suelo, puede ocasionar verdaderas catástrofes: hundimientos y deslizamientos de terrenos.

Júzguese la cantidad de sal común que arrastrará el agua de las fuentes salinas al cabo de los años y de los siglos en ciertos terrenos; forzosamente la desaparición de tanta materia en un estrato profundo ha de motivar el que se derrumbe todo el terreno de encima. Y así se producen verdaderos terremotos locales en algunas montañas.

Lo dicho de la sal puede aplicarse igualmente al yeso, que las fuentes selenitosas van extrayendo de las capas profundas del suelo.

Cuando falta base á los terrenos superficiales, porque las aguas la han arrastrado, los hundimientos se producen. Tras de lluvias sostenidas y fuertes en muchos puntos se hunde el suelo.

Si se impregna de agua un estrato arcilloso profundo y la arcilla se hace pastosa, como la inclinación del estrato sea suficiente, toda la mole de encima resbala sobre esa base, suave como el jabón. Así se verificó la caída de la montaña de Rossberg, cerca de Righi, tras de un período muy lluvioso, en 2 de sep-

tiembre de 1806. En este triste día, los habitantes del valle de Goldau se apercibieron con horror de que aquel cerro, separándose de la montaña, resbalaba con una base inclinada precipitándose sobre el valle con un ruido atronador. Las campiñas desaparecieron bajo aquella mole, que enterró cinco aldeas llenando además el lago de Lowez.

Más afortunados fueron los habitantes del monte Goima, cerca de Venecia, que fueron transportados, sin notarlo apenas, durante una noche al fondo del valle, sobre una parte del monte que resbaló con suavidad.

III

EL AGUA SÓLIDA

33.—**Nieve y hielo** (1).—En los campos de nieve movediza azotados por los vientos, se producirán tempestades que transporten la nieve, ventisqueros con sus torbellinos, capaces de lanzar sobre los valles un sedimento helado que cause verdaderas catástrofes.

En las pendientes de los montes donde la nieve se acumula, pueden destacarse masas de consideración por efecto del deshielo, ó por cualquier otra causa, formando *avalanchas* que

(1) Véase mi *Geografía Física*, pág. 140 y siguientes.

adquieran gran velocidad y arrastren delante moles de roca, cantos y limo, árboles y matas, cuanto á su paso se oponga. Las avalanchas son por tanto, allá donde se forman, poderosos agentes erosivos y de transporte.

Los descensos de temperatura afectan á las aguas continentales y, cuando llegan á cierto grado, también á las aguas del mar. Merced á esta baja temperatura, se forma el hielo de los ríos y de los lagos, y se tornan llanuras heladas las regiones marinas de los polos.

Al *hielo de los ríos* se deben importantes efectos de transportes y erosiones de gran consideración.

Al helarse el agua, en las márgenes acantiladas sobre todo, se desprenden cantos y á veces moles de gran tamaño, que corren suavemente sobre la superficie del hielo trasladándose á cierta distancia: cuando comienza el deshielo se forman témpanos, sobre los cuales los cantos y las peñas desprendidas caminan río abajo hasta que, deshecho el témpano, caen al fondo.

Cuando la corriente logra vencer la resistencia que le opone el hielo de la parte inferior del río, le arrastra con soberbio empuje, y con él, á veces, moles inmensas de rocas y gran cantidad de detritus. Si no la vence, el río se desborda.

En los lagos, el hielo contribuirá á desnudar las márgenes y á depositar materiales en el fondo.

Los *hielos polares* forman glaciares, de los que nos ocuparemos luego, que terminan muchas veces en los mares y dan lugar á que se destaquen grandes islas ó *bancos de hielo*, que flotan sobre las aguas del mar llevando encima detritus y pedazos de roca que transportan á distancias enormes. Estos bancos (fig. 30) son á veces verdaderas montañas cuya elevación llega de 70 á 100 metros; en el Océano Atlántico se les ha encontrado hasta de una milla de extensión y 75 metros de altura. Cuando en su marcha llegan á zonas de aguas templadas, el hielo se funde poco á poco, y los cantos y los materiales detríticos y las moles sobre él transportadas caen al fondo.

34.—**Formación de los glaciares.**—En las depresiones de las altas cordilleras, se acumula año tras año inmensa cantidad de nieve. El deshielo superficial motiva la formación de numerosas gotas de agua, que se rehielan cuando se filtran por la nieve, convirtiéndose en otros tantos granitos de hielo, cada uno de los cuales arrastran consigo una burbujita de aire. Así se forman esos campos de nieve vieja, granuda, que denominan en los Alpes *nevé*. Pero la nieve que cae nuevamente ejerce presión sobre la antigua y las capas superiores de ésta sobre las inferiores, motivando que en parte se funda el *nevé*, llenando el agua de fusión todos los intersticios y volviéndose á congelar, por lo cual adquiere la masa mayor



Fig. 30. — La corbeta española *Atrevida* en los hielos antárticos

coherencia, transformándose en lo que se llama *hielo de glaciar*.

Y para juzgar de lo que pueden ser estas presiones anotaremos las siguientes cifras:

1 metro cúb. de nieve reciente pesa	85 kilos
» » » nevé pesa	500 á 600
» » » hielo con burbujas	900 á 960

La masa granuda se hace compacta pero conserva mucho tiempo burbujas de aire intercaladas, y el hielo es blanquecino; adquiriendo más cohesión se vuelve azulado y casi transparente.

Los glaciares de las regiones superiores están constantemente alimentados por las nieves que caen en las altas depresiones, ocupan el fondo de surcos, desembocan en los valles siguiendo las líneas de mayor pendiente, se unen á otros glaciares confundándose de la misma manera que pasa en los arroyos. Y si el valle se cierra ó el glaciar no tiene alimentación suficiente queda *suspendido* en lo alto de la montaña, como sucede á los glaciares del Canigó y de la Maladeta, en el Pirineo.

Cuando el glaciar halla cauce y tiene abundante alimentación desciende hasta regiones templadas, pasa á veces entre cultivos y aun entre jardines de plantas de clima cálido. Es que el hielo tarda en fundirse, pero al fin se funde y no es raro que al final se convierta en

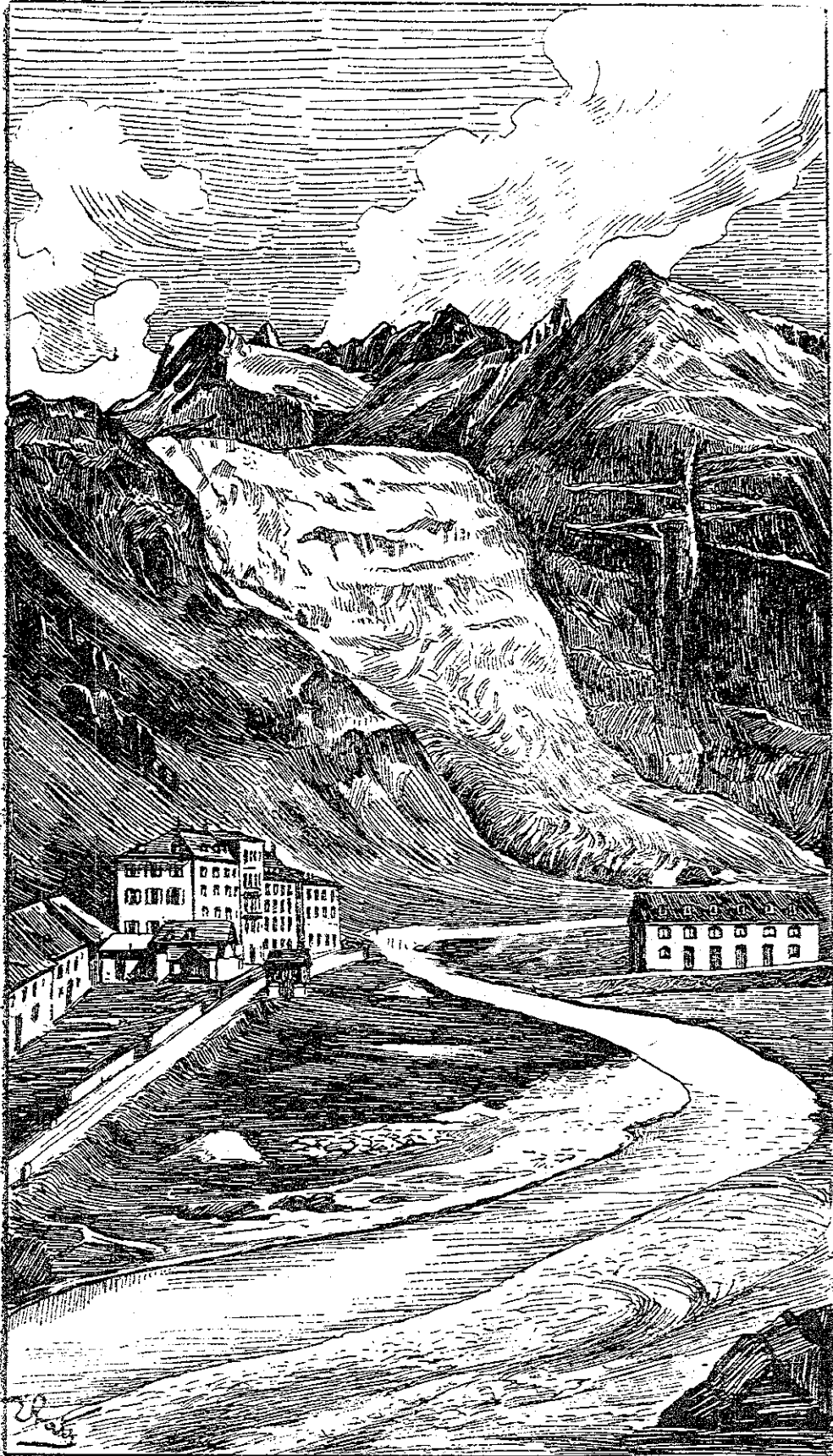


Fig. 31.—Nacimiento del Ródano al extremo del glaciar que lleva el mismo nombre

una corriente de agua. Así nace el Ródano al extremo del glaciar de su nombre (fig. 31).

35.—**Movimiento de los glaciares.**—Los

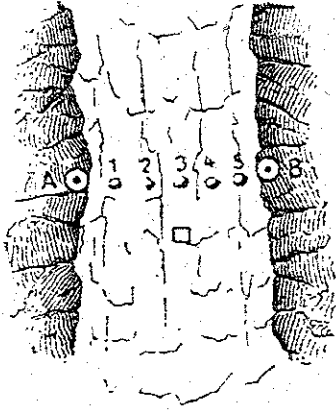


Fig. 32.—Fila de piedras (1, 2, 3, 4, 5) colocadas entre dos puntos fijos A y B para observar el movimiento del glaciar.

glaciares se mueven. Para comprobarlo basta colocar sobre ellos una fila de piedras entre dos puntos fijos señalados en las rocas de las orillas (figura 32); al cabo de algún tiempo las piedras han avanzado y desigualmente, pues avanzan más las del centro que las de los lados (fig. 33); el rozamiento disminuye la ve-

locidad como en las corrientes de agua líquida.

Ya se había notado este movimiento por diferentes hechos. Los restos de una escala que abandonó Saussure en 1788 en el Mont Blanc se encontraron en 1845 á 4420 metros del punto de partida. Las fajas de lodo que se forman sobre el glaciar tienen todas la convexidad hacia adelante (fig. 34).

El hielo de los glaciares se mueve molecularmente, no en toda su masa, gracias á la gran

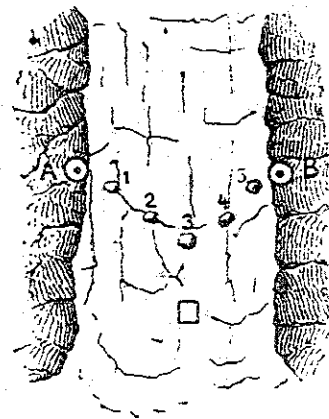


Fig. 33.—Las piedras 1, 2, 3, 4, 5, que se colocaron rectas han avanzado desigualmente.

plasticidad que tiene; y cuando sufre presiones considerables se comprime y avanza, sus partículas se separan á veces pero vuelven á soldarse, porque el hielo no es solamente plástico, es también muy viscoso.

Consecuencia del movimiento son las grietas de que está surcado el glaciar, unas longitudinales y otras transversas; estas grietas son á

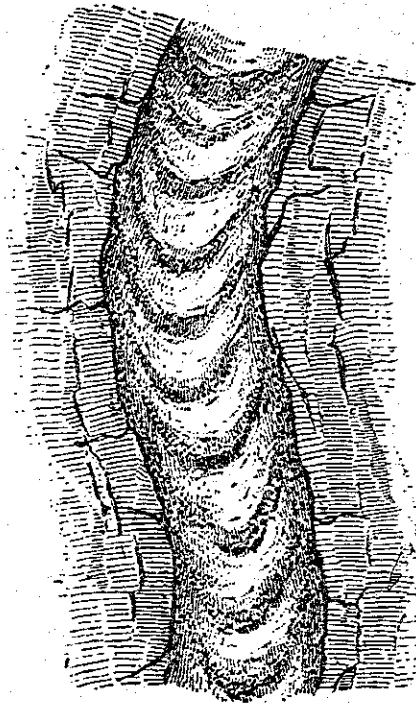


Fig. 34.—Disposición de las fajas de fango en un glaciar

veces muy profundas y constituyen un serio peligro para los excursionistas si se cubren de nieve reciente que las oculta.

El mar de hielo (glaciar de Chamonix en el Montblanc, fig. 35) se mueve con una velocidad media de $0m305$ por día; en verano el movimiento es más intenso; alcanza un máximo de $1m58$ por día; el máximo durante el invierno es de $0m46$.

36.—**Erosiones, transportes y depósitos glaciares.**—El movimiento de los glaciares pule y estría las rocas del cauce, así en el fondo como en las paredes; la arena y los cantos que penetran por las grietas, hacen este doble trabajo que deja huellas intensas en los

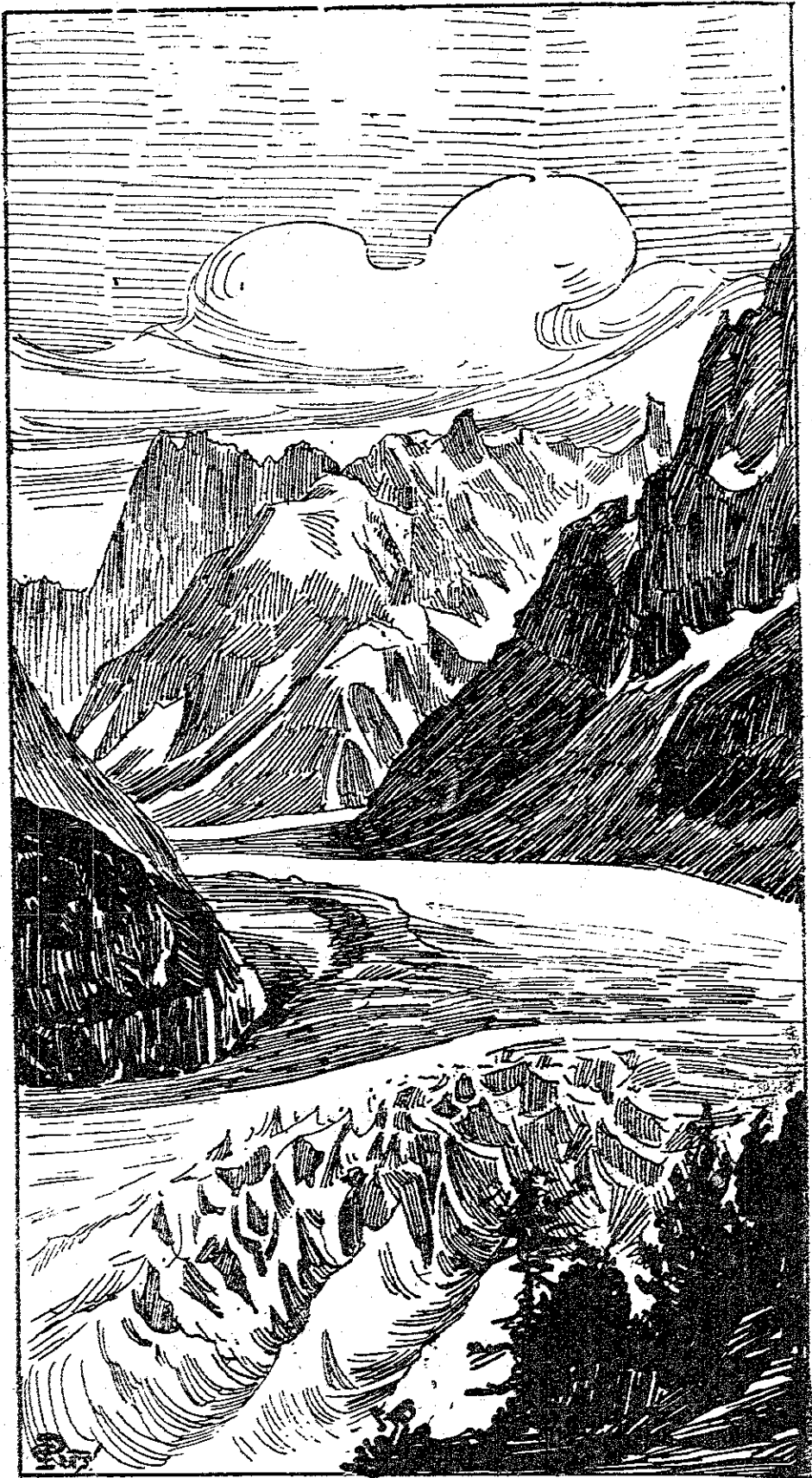


Fig. 35.—El mar de hielo (glaciar de los Alpes)

países donde existen glaciares ó han existido en épocas pasadas.

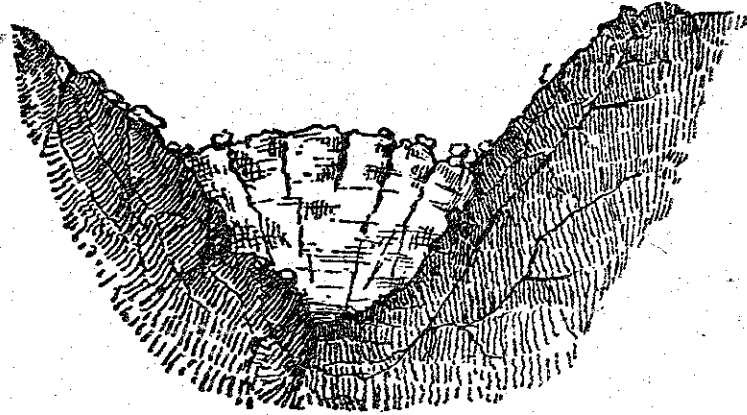


Fig. 36.—Corte de un glaciar

Las erosiones del viento, del agua de lluvia y de las avalanchas depositan sobre el hielo materiales varios, que son transportados por el glaciar, sirviéndoles éste de cómodo vehículo. Como la superficie del glaciar es convexa (fig. 36) los materiales que caen sobre ella se acumulan á los lados, formándose líneas de piedras que reciben el nombre de *morainas laterales*. Cuando dos glaciares se unen únense igualmente en la confluencia las morainas de los lados, y en el nuevo glaciar aparece, además de las laterales, una *moraina central*.

Como las grietas abundan, puede suceder que muchos cantos caigan por estas grietas hasta el fondo del glaciar y allí se forma un depósito que recibe el nombre de *moraina profunda*.

Los materiales todos que el hielo acarrea, vienen á depositarse en el extremo del glaciar,

en la zona de deyección, formándose una *moraina frontal* ó *terminal*. Suelen ser éstas de gran potencia, de considerable espesor á veces y de una fisonomía especialísima. Las constituyen masas de lodo entremezcladas desordenadamente con piedras angulosas y cantos rodados.

La posición de las morainas terminales (que pueden ser varias para un mismo glaciar indicando avances ó retrocesos) en los glaciares alpinos y el que ocupen las morainas antiguas superficies mucho mayores de su anchura actual, son pruebas de que en aquella cordillera se va debilitando el glaciario.

Arrastradas por los glaciares de antaño se encuentran actualmente en las llanuras de Lombardía y de Alemania gigantescas rocas de muchos miles de metros cúbicos, que se denominan por su origen *moles erráticas*.

37.—**Extensión de los glaciares.**—Se les encuentra en la parte continental de las regiones polares, en las montañas elevadas de los climas templados y en las muy elevadas de los países tropicales. Existen en el Asia, en la cordillera de Himalaya, en el Küenlün, el Mustagh, etc. América los tiene en las altas cumbres de los Andes y casi al nivel del mar en Patagonia; en Europa el límite S. son los Pirineos, en donde escasean, y los Alpes, donde son muy abundantes; en el N. de Europa hay verdaderos campos de glaciares que terminan en el mar.

Un pintor alemán (Mr. Rugendas) logró dibujar uno de los glaciares de los Andes, entre Santiago y Mendoza, situado á 3,900 metros sobre el nivel del mar; se parece mucho á los de las altas cimas de los Alpes.

Las dimensiones son muy considerables: el mayor de los Alpes tiene 27 kilómetros de longitud, en el Himalaya los hay de 100 kilómetros. Groenlandia está cubierta de una inmensa coraza de hielo que se eleva á más de 2,000 metros sobre el mar.

El límite inferior á que llegan los glaciares depende de muchas circunstancias; en la América tropical este límite se halla de 4 á 5,000 metros sobre el nivel del mar; en el Himalaya desciende hasta 3,600 metros; en los Alpes, salvo algunas excepciones, llegan á 1,740 metros, por término medio; alguno desciende á 983 metros; en Groenlandia, Laponia y parte Sud de América meridional (glaciar de Monte Sarmiento en la Tierra del Fuego), se encuentran al nivel del mar.

La actual extensión de los glaciares es muy pequeña comparada con la que tuvieron en la época denominada *glacial* por esta causa. Muchos territorios adonde hoy no llegan las nieves apenas, se hallaron convertidos en campos nevados, por cuyas laderas se deslizaban glaciares de inmensa potencia, capaces de trasladar á distancias enormes moles de rocas estriadas y pulidas.

IV

LOS SERES VIVOS

38.—**Efectos generales.**—La vida es uno de los agentes principales de la transformación geológica del suelo; tanto las plantas como los animales, de un lado ejercen acción destructora de los terrenos antiguos y de otro forman depósitos que constituyen terrenos nuevos.

La vegetación en cierto modo evita las erosiones atmosféricas cubriendo el suelo, sobre el cual, ni los vientos ni las lluvias producen los grandes efectos que se notan en las montañas peladas y en los suelos desnudos. Pero en cambio las raíces desmenuzan ó contribuyen á desmenuzar las rocas más coherentes, agrietándolas y favoreciendo la acción destructora de la atmósfera.

También los animales que excavan el suelo al construir sus guaridas y los castores que forman diques desbordando los ríos, son obreros de la transformación de la superficie terrestre. En el desierto del Sahara, pequeños roedores que andan á saltos como los canguros y que reciben el nombre vulgar de *gerbos*, mueven el suelo en grandes extensiones formando montículos de arena que los vientos arrastran fácilmente. Conocidos son los pacientes estudios de Darwin acerca del papel geológico de

las lombrices terrestres, capaces de mover zonas grandes de terreno.

Hay también entre los animales marinos temibles destructores. Los *dátiles de mar* (fig. 37) que científicamente se llaman litó-



Fig. 37.—Moluscos litófagos que perforan las rocas calizas fagos (comedores de piedras) perforan con gran facilidad las rocas calizas.

En general, tanto las plantas como los animales, por sus funciones biológicas ordinarias deben ser considerados como agentes geológicos, aparte las transformaciones químicas que motivan al descomponerse; la acción que el aire ejerce por la humedad y por el ácido carbónico; los efectos del agua cargada del mismo ácido, no se realizarían en la medida que se realizan sin la asimilación del carbono por los

vegetales, que pone en libertad el oxígeno, y sin la respiración y la putrefacción de las sustancias orgánicas todas.

Efectos muy importantes se deben á estas sustancias cuando, perdida su organización, se descomponen, produciendo cuerpos inorgánicos. De los principales son la reducción de las sales metálicas y la producción de surtidores de gases.

Factor geológico y de primera importancia es hoy el hombre, que con su inteligencia se ha provisto de medios poderosísimos, y lo mismo perfora montañas que abre istmos, inunda territorios ó seca otros, roba por unas partes espacio al mar y por otras hace que el mar penetre en las tierras; descompone y tritura las rocas, para formar jardines y campos cultivados; tala montes; encauza ríos caudalosos; modifica la dirección y la fuerza de los torrentes, y es capaz de variar, no sólo las condiciones del suelo en territorios inmensos, sino hasta las condiciones atmosféricas; y á medida que extiende sus dominios por los países incultos, y aumenta su poderío con los formidables medios de la industria, va llevando por todas partes su espíritu innovador, hasta la temeridad de regular las inmensas energías de la Naturaleza, aprovechándolas contra la Naturaleza misma.

39. — **Depósitos silíceos.** — Entre los animales y las plantas inferiores, hay algunos grupos que presentan un caparazón silíceo con

el que recubren su cuerpo; el ácido silíceo lo toman de las aguas en proporción extremadamente débil, y, no obstante, como se reproducen en tan enorme cantidad, pueden llegar y llegan á constituir depósitos poderosos.

Son los más notables los de diatomáceas, al-

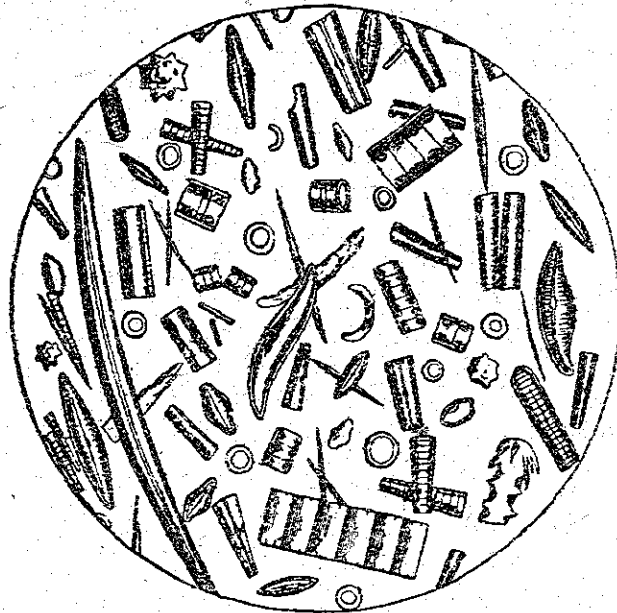


Fig. 38.—Tierra silícea de diatomáceas: vista al microscopio

gas microscópicas de un tamaño pequeñísimo, pero extraordinariamente abundantes (figura 38).

Entre los animales hay algunos, como los radiolarios, que tienen caparzones silíceos formados por la sílice amorfa, que toman del agua del mar; otros, como ciertas esponjas, emplean la sílice para formar espículas numerosas. Existen depósitos marinos originados por los radiolarios y las esponjas.

El lodo de los grandes fondos oceánicos es

una acumulación de caparazones silíceos de elegantísimas formas.

Se ha calculado que en el puerto de Wismar se depositan anualmente 650 metros cúbicos de lodo silíceo; Berlín está sentado sobre una capa de gran espesor, cuyas dos terceras partes son caparazones silíceos. La llamada *harina fósil*, que por su poder absorbente se emplea en la fabricación de la dinamita y en otros usos industriales, es una tierra formada por cáscaras de diatomáceas. De ella hay grandes depósitos en Francia, en Alemania, en Italia y en Finlandia. En España son muy importantes, por su espesor, los depósitos diatomáceos de Morón (Sevilla).

40.—**Depósitos calizos.**—La materia viva de que están formados los animales más sencillos tiene la propiedad de asimilarse el carbonato cálcico de las aguas, y lo hace con extraordinaria avidez, ya formando granitos pequeños de aquella substancia (*cocolitos y cocosferas*), ya rodeándose con ella construyendo conchas ó caparazones de las más elegantes figuras y de la mayor delicadeza.

Esta sola condición y la multitud enorme de estos seres diminutos, sencillísimos, que pueblan los mares y los han poblado en todo tiempo, son la causa de uno de los fenómenos más trascendentales de la historia terrestre, la formación de depósitos calizos que hoy constituyen poderosas montañas y estratos extensísimos. La caliza tiene importancia capital en

la constitución y en las transformaciones del Globo; su mineralización es producto del trabajo constante, formidable por sus efectos, de

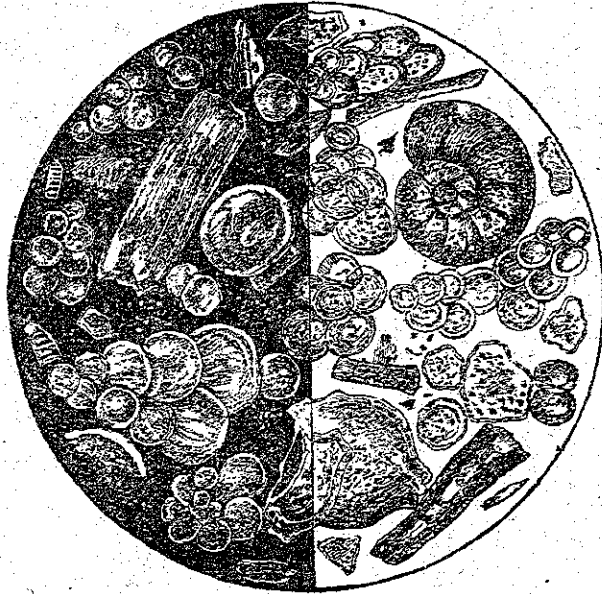


Fig. 39.—Polvo de creta visto con el microscopio. (La mitad del campo se pone sobre fondo negro para destacar mejor las cáscaras de los foraminíferos).

esos seres invisibles que han escapado á la observación del hombre tantos siglos.

La creta de las montañas es una aglomeración de caparzones de foraminíferos (fig. 39), cuyos animales viven aún y continúan su trabajo sordo, modesto, humilde, pero trascendental, en los mares actuales, si bien no con tanta intensidad como en tiempos pasados. Hay foraminíferos de bastante tamaño, como los que se llaman *numulites* (monedas de piedra), que forman dilatados terrenos (figuras 40 y 41).

Y no sólo los animales pequeños forman con sus cáscaras depósitos calizos; las conchas y los caracoles de mar (los moluscos) hacen lo

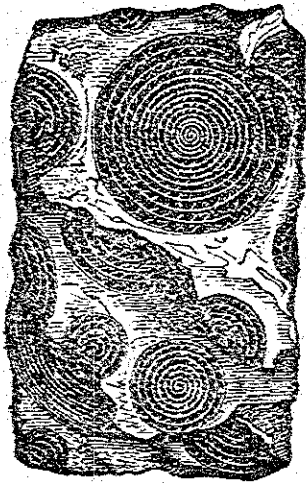


Fig. 40.—Numulites: animales protozoarios, foraminíferos, que vivían en los mares terciarios.

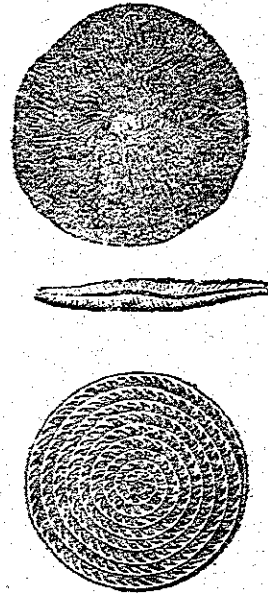


Fig. 41.—Numulites (tamaño natural) visto de frente, de perfil y cortado.

mismo, y no es raro hallar montañas cuya mayor parte está formada de conchas petrificadas.

Los animales superiores, que tienen esqueleto, también con sus restos han contribuido á la formación de depósitos importantes, sino que en vez de carbonato, es el fosfato de cal la roca resultante. Las capas de huesos, más ó menos transformados en fosforita, tienen gran extensión en América del Sud y no escasean en España. La agricultura concede á éstos depósitos un gran valor para la preparación de abonos artificiales, que vuelven la

fertilidad á los suelos. Es que el ácido fosfórico activa la vida y robustece la organización de vegetales que forman la base de la alimentación del hombre (el trigo por ejemplo).

Formaciones calizas que llaman mucho la atención son las *islas* y *arrecifes madreporicos*, tan abundantes en ciertas regiones del Pacífico y que fueron estudiadas por el célebre naturalista Carlos Darwin.

Están formadas (fig. 42) por bancos de pólipos, animales que fabrican ramas calcáreas, arborizaciones de piedra de bastante tamaño, arrancando también el carbonato de cal á las aguas del mar. Estos animales viven entre el nivel de la marea y la profundidad de 40 metros; se desarrollan profusamente en las zonas cuya temperatura no es inferior á 20°.

Cuando los bancos están adosados al continente ó á una isla, se llaman *arrecifes litorales*; si están algo separados de la tierra quedando en medio un canal, se denominan *arrecifes barreras*, y á veces forman ellos solos islas que suelen ser anulares y reciben el nombre de *atolls*.

Darwin ha probado que primeramente los bancos se forman pegados á tierra, pero como la mayor parte del territorio en que abundan sufre un hundimiento continuado, los bancos se van elevando á medida que la tierra baja y aparecen separados de ella; si están en derredor de un islote y éste se hunde quedando bajo las aguas, sobre ellas se destaca un anillo

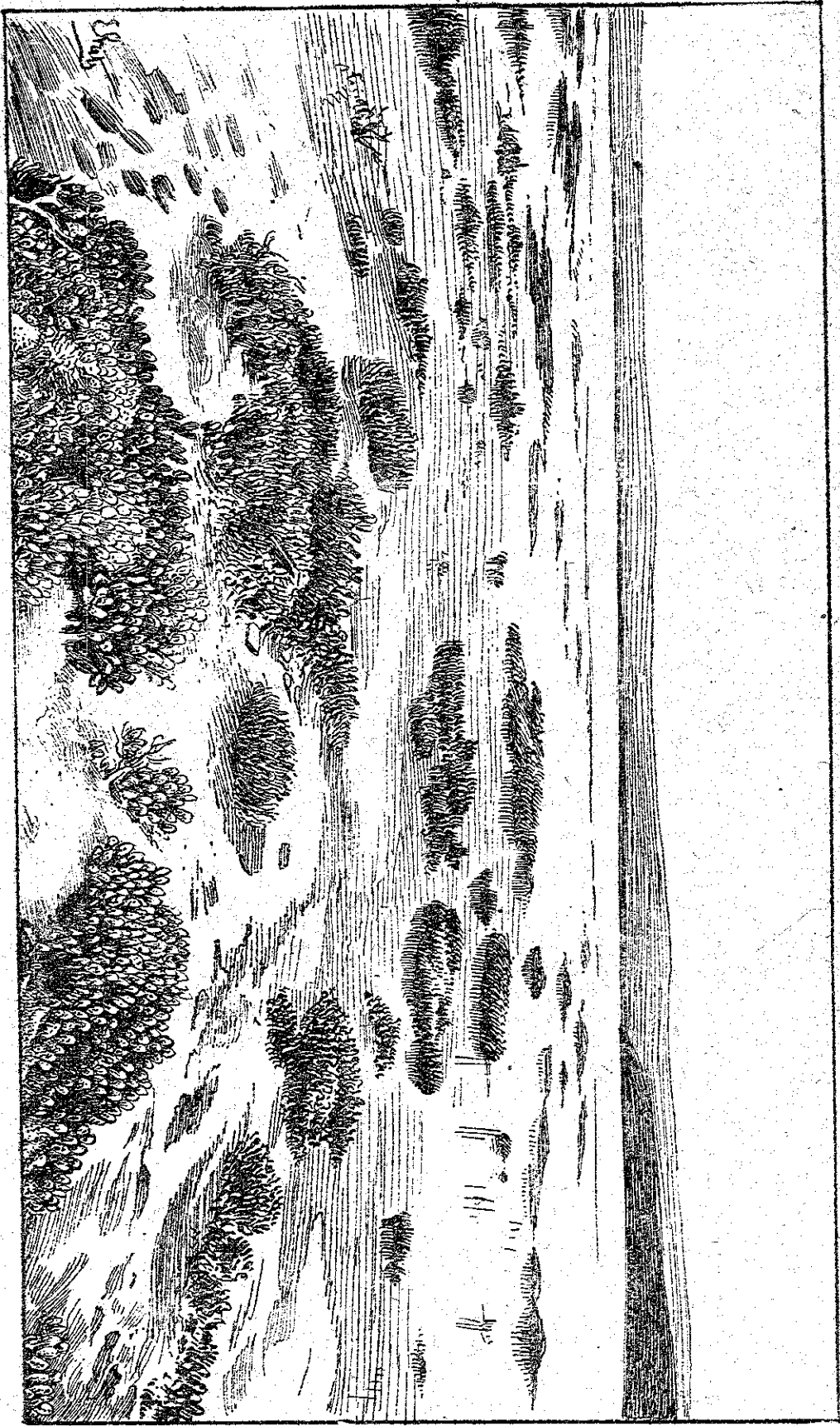


Fig. 42.—Superficie de un arrecife madreporico en la baja marea

de rocas blancas, que forma la isla madreporica cuyo centro es ordinariamente un lago.

Arrecife litoral, barrera y atoll (fig. 43), son fases distintas de un mismo proceso geológico.

Hay en el Pacífico unas 290 islas de esta clase; las hay también en el Oceano Índico.

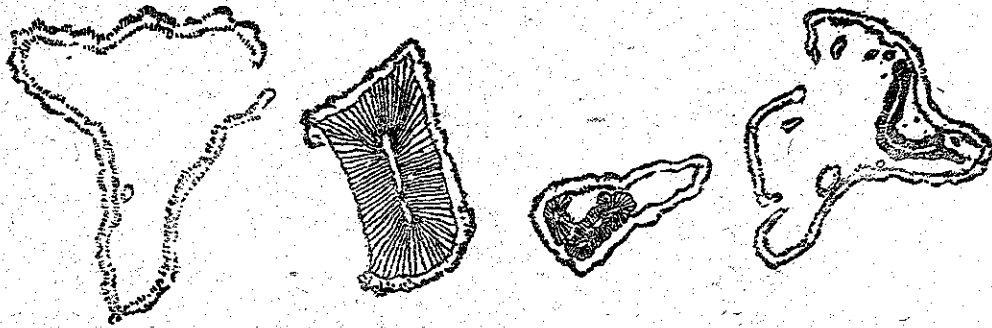


Fig. 43.—Esquemas de arrecifes é islas madreporicas de las diversas formas

Las mayores conocidas son las Maldivas y las Laquedivas, alguna de las cuales tiene 25 leguas.

Los arrecifes bordean extensiones muy grandes á veces. En la Australia, al NE., forman una línea de más de 1,500 kilómetros, á unos 100 de la costa.

Las olas y los agentes atmosféricos descomponen los poliperos superficiales, formándose una playa con arenas, pedazos de conchas, etc.; los vientos acarrean semillas procedentes de las tierras más cercanas; entre los detritus madreporicos aparecen árboles y arbustos cubriéndose de vegetación frondosa. Todavía la isla está viva; en derredor suyo los pólipos continúan su trabajo reconstituyendo lo que las olas, las plantas y la atmósfera destruyen.

Las formaciones de esta índole que hoy se hallan limitadas á una zona del Globo, tuvieron en tiempos pasados una extensión mayor y gran importancia.

41.—**Formaciones carbonosas.**—Si un vegetal se descompone al aire libre, sus diferentes elementos se combinan con los atmosféricos y de la planta apenas queda residuo; pero si la descomposición se verifica fuera del influjo del aire y mejor bajo una presión y temperatura determinadas, el fenómeno es muy distinto. Una parte muy pequeña del carbón de la planta se une al oxígeno para formar ácido carbónico, otra se combina con el hidrógeno y forma gases inflamables que quedan almacenados entre los restos carbonosos, motivando incendios y explosiones; resta siempre una gran cantidad de carbón, la mayor parte.

En el fondo de los pantanos, bajo las arenas de ciertas playas y bajo las arcillas de los deltas, quedan materias vegetales almacenadas que se transforman con el tiempo en carbones, aunque pobres como combustible. Estos restos vegetales constituyen lo que se llama la *turba*.

Turba, propiamente dicha, es la producida por sedimentación en el fondo de los pantanos. En los de ciertas regiones viven abundantísimos musgos que cubren el agua y tienen la propiedad de irse descomponiendo por la parte inferior mientras crecen por el ex-

tremo opuesto. Esta sedimentación vegetal es activa y con el transcurso del tiempo produce depósitos de gran espesor, pastosos, en que apenas se descubre el origen vegetal. Vienen á aumentarse con la acumulación de hojas, de helechos, juncos, etc.

Precisan algunas condiciones para esta formación: el agua evita el contacto del aire y

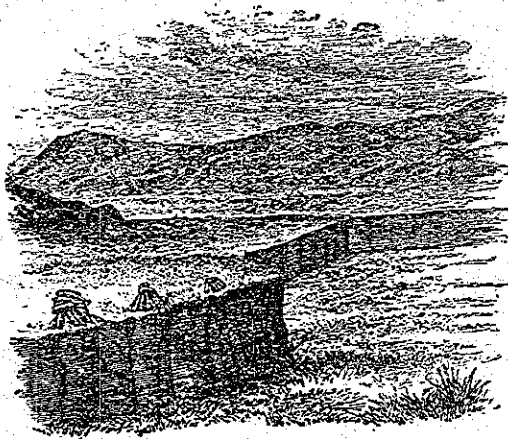


Fig. 44.—Una turbera, formada por restos vegetales depositados en el fondo de un pantano que se ha desecado. La turba es un buen combustible.

disuelve además ciertos productos vegetales (gomas, ácido tánico, etc.) que ejercen una acción antiséptica. Hay turberas en que el agua es rojiza por las materias disueltas; se citan otras en que la carne sumergida se con-

serva mucho tiempo. Son condiciones favorables también que el suelo sea impermeable, la temperatura media nunca superior á 6 ú 8 grados; que la humedad atmosférica sea grande y la vegetación muy tupida.

Si la formación de la turba se verifica en un pantano turboso, las capas se depositan con regularidad y ofrecen estructura hojosa (figura 44); pero si hay inundaciones ó arrastres, vierten en la turbera lodo y arena, las capas

de turba depositadas en tiempos tranquilos, alternarán con otras de fango arcilloso y arena.

El crecimiento de las turberas es variable; se calcula, desde 0m60 á 1m40 por siglo; en algunas ocasiones pasa de 3 metros en este período de tiempo.

Es importante la extensión actual de las turberas; en Irlanda ocupan más de un millón de hectáreas de superficie con un espesor medio de 13 metros. En España no abundan; hay algunas pequeñas en el Pirineo y Montañas cantábricas.

Otros tiempos hubo en que los sedimentos carbonosos fueron enormes; bajo el suelo, con el transcurso de las edades, se han convertido en potentes depósitos de carbón de piedra, alma de nuestras industrias.

La turba se deseca, se corta en panes y es utilizada como combustible.

V

MOVIMIENTOS DEL SUELO

42.—**Fenómenos geológicos de origen interno.**—Hemos hecho constar en otro sitio (1) que el enfriamiento de la Tierra había

(1) Volumen I de esta serie (*Pequeña Historia Natural*), tomo I, págs. 73, 74 y 75.

producido la contracción de sus materiales, y por tanto profundos trastornos en los terrenos; á esta contracción y á la heterogeneidad de la masa terrestre, se debe el que se formen esas arrugas insignificantes con relación al volumen de nuestro Globo, que se llaman montañas.

No ocurren en los tiempos actuales intensos replegamientos de los estratos que hagan variar las alineaciones y la altura de las cordilleras, quizá no han ocurrido nunca de un modo brusco sino que son efecto de larguísimo proceso; pero se dejan sentir de cuando en cuando los efectos de la contracción terrestre, y á esos efectos que no tienen por origen la energía solar (causa primera de las acciones que hasta ahora hemos estudiado en este libro, así de las atmosféricas como las del agua y de los seres vivos), á esos fenómenos que pueden considerarse como de la propia Tierra, se les denomina *de origen interno* para diferenciarles de las acciones del aire, el agua y la vida que son *de origen externo*.

Entre los fenómenos actuales que son efectos de la contracción terrestre citaremos los *movimientos suaves de descenso vertical* que se observan en los continentes, las bruscas sacudidas que llevan el nombre de *terremotos* y las manifestaciones volcánicas.

43.—**Movimientos verticales suaves.**— Ciertas regiones de los continentes en que la rigidez de los materiales constitutivos no permite pliegues ni contracciones, se van hun-

diendo con lentitud, inclinándose, ora de un lado, ora del opuesto. Señales costeras y posiciones relativas de puntos de mira terrestre han permitido comprobar este fenómeno. El movimiento se ha denominado *bascular* porque asemeja al de una báscula, pero su resultante es un hundimiento, es por tanto vertical.

Ya antiguamente Feijóo había notado cerca

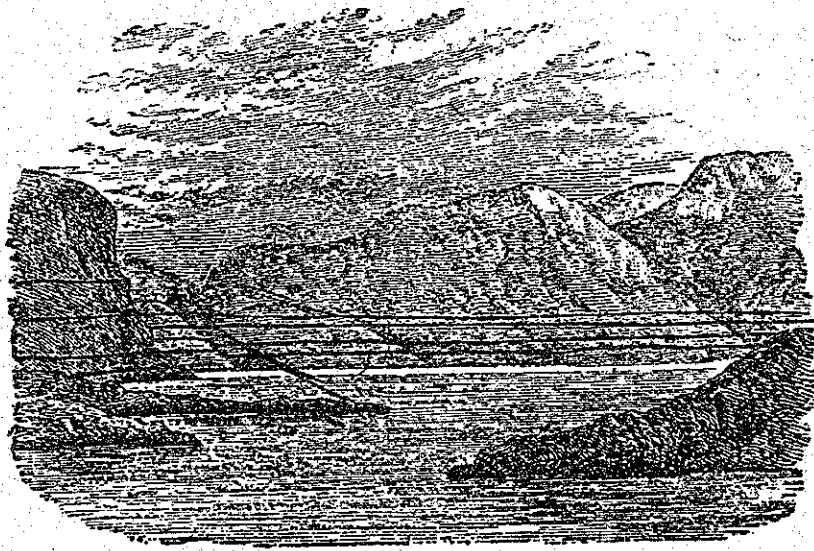


Fig. 45.—Señales de ribera en un fiord de Escandinavia

de Rioseco, en España, este fenómeno. El ingeniero Botella hizo observar, reuniendo datos, que al N. de la meseta española hay una línea de levantamiento que pasa por Burgos quedando los puntos extremos á la distancia de 300 kilómetros próximamente.

La meseta española es una zona rígida sometida á movimientos suaves de esta índole.

La península Escandinava se hunde actualmente en dirección al S.; el mar ha invadido

las calles antiguas de algunos pueblos de la costa. En cambio aparece que se levanta hacia el N. donde hay *señales de ribera*—producidas por las olas y restos de animales que viven al nivel mismo de las aguas—escalonadas por encima del nivel actual del mar, hasta 300 metros de altura (fig. 45).

El levantamiento de la parte septentrional de Escandinavia se nota también en Spitzberg, Nueva Zembla y también en Escocia. En cambio, Holanda, Normandia y Bretaña se hundén sensiblemente.

Las líneas de estos movimientos cambian, como es natural, porque se trata de una adaptación, primero de un lado y después del opuesto; así se vé que zonas antes sometidas al levantamiento hoy se hundén y viceversa. La costa italiana se levantaba en los tiempos prehistóricos y hace ya siglos que se va hundiendo.

44.—**Variaciones en el nivel de los mares.**—Muchas veces resulta difícil comprobar si es la tierra que se levanta ó el mar que se retira por disminución de las aguas ó como reflejo de algún fenómeno geológico ocurrido en otra región de la cuenca oceánica.

Cambios de nivel en los mares se observan en todas las costas. Los que son bruscos se deben generalmente á terremotos; los que son lentos pueden estar motivados por accidentes de carácter local ó de carácter general.

Con el transcurso de las edades los conti-

nentes han sufrido no pocos cambios en su contorno.

Limitándonos á España, en Cádiz el avance del mar es bien manifiesto; las ruinas de la antigua *Gades* se encuentran hoy bajo las aguas; los restos del templo de Hércules aparecen hoy sumergidos juntos á la isla de Santi Petri. El mismo movimiento se nota desde la desembocadura del Guadalquivir hasta Gibraltar. Por el contrario, en la costa de Málaga el mar ha retrocedido. En el Cantábrico pasa lo propio; están hoy lejos de la costa, en Santoña, argollas en que consta amarraron los buques que condujeron á España á Carlos I.

En América se citan casos numerosísimos de invasión y retroceso de las aguas, lo mismo lenta que bruscamente. En 1750 la costa de Chile se levantó 8 metros, el puerto de la Concepción quedó impracticable. En 1822 se notó que el mar había descendido un metro en 240 millas de costa del Perú y Chile.

En Nueva Zelanda hay formaciones litorales relativamente recientes, á 500 y aun á 1500 metros sobre el nivel actual del mar. Y ¿para qué multiplicar los ejemplos si podrían citarse á centenares? Mi propósito es hacer constar que no se deben todos estos fenómenos á una misma causa, y que en ellos tiene parte principal la variación de la cantidad de agua en los mares y los terremotos.

45. — **Terremotos.** — ¿Quién no conserva memoria de estas violentas sacudidas del suelo

que producen trastornos sin cuento en los campos y ciudades y que causan tantas víctimas: se recuerda con horror el terremoto que destruyó Lisboa en 1.º de Noviembre de 1755; los que asolaron parte de Andalucía en 1884; los de 1693, 1783, 1857 y posteriores en la Calabria, los de Yschia, etc., etc. En el Japón, Filipinas y Archipiélago de la Sonda son frecuentes y terribles. Lo son igualmente en el centro de América y en el litoral del Pacífico; en 1868 hubo en el Ecuador violentas sacudidas que causaron 40,000 víctimas; Caracas ha sido varias veces destruída; diez veces lo ha sido Lima desde su fundación.

Los terremotos se hallan relacionados con las erupciones volcánicas pero pueden no estarlo; eso sí, son frecuentes en los territorios volcánicos.

Sacudidas se producen en la Tierra de continuo, pero son poco apreciables, porque las hay desde las sólo perceptibles por delicados aparatos que se llaman *Sismógrafos*, hasta la famosa de Riobamba en América del S., que cuentan lanzó los cadáveres de las sepulturas á más de cien metros de altura, depositándolos sobre una colina del otro lado del río.

Por su distinto origen, distingúense tres clases de temblores de tierra: los *volcánicos*, los *perimétricos* y los *telúricos*.

Los volcánicos son locales, tienen área muy poco extensa: sólo alcanza su acción al distrito volcánico y tienen su centro en el mismo cono

del volcán ó cerca de él; su carácter especial son los fenómenos de explosión que terminan con la erupción de lavas.

Los temblores perimétricos se producen en los países próximos á los distritos volcánicos actuales ó antiguos, pero no tienen relación con la actividad volcánica actual. Su acción es muy extensa; se repiten en la zona con mucha frecuencia. A esta clase pertenecen los de Calabria, Andalucía, y los de la vertiente occidental de la América del S.

Los temblores telúricos se manifiestan en países muy distantes de los volcanes; la zona de su acción es extensísima; los relacionan la generalidad de los geólogos con las grandes contracciones del Globo.

46.—Producción y transmisión de la onda; foco inicial del terremoto.—Cuando por una causa cualquiera un espacio del suelo sufre una sacudida violenta, la sacudida se transmite, en virtud de la elasticidad de los materiales pétreos, formándose una *onda sísmica* que adquiere sucesivamente mayor amplitud, del mismo modo que la adquieren las ondas producidas por el choque de un cuerpo sólido en el agua. No tiene, sin embargo, aquélla la regularidad de éstas; la onda sísmica encuentra numerosos obstáculos que le hacen variar de dirección; por esta causa es irregular.

Hay temblores de tierra en que la onda no se produce por *sacudidas* en sentido vertical, sino que son los movimientos desde su origen

ondulatorios, se extienden á grandes espacios y no tienen las fatales consecuencias que suelen tener los primeros; cuando varias ondulaciones encuentran obstáculos y en el movimiento de retroceso chocan contra las directas, puede producirse un movimiento de *torbellino*: estos terremotos son los que más terribles catástrofes ocasionan.

Para la observación de estos fenómenos hacen falta estaciones *sismográficas* convenientemente dotadas de los aparatos necesarios. Entre éstos se encuentran los *sismógrafos*, con los cuales se aprecian las menores trepidaciones del suelo y se puede averiguar la dirección de la onda.

Diferentes autores, reuniendo datos, formando estadísticas, han llegado á conclusiones generales respecto al punto donde las oscilaciones se originan, llamado *foco inicial* ó *centro*, y al punto central de los círculos de ondulación que se denomina *epicentro*. La conclusión más importante es que el *foco inicial* ó *punto de partida del terremoto*, está á una profundidad *relativamente poco importante*; esto prueba que no se trata aquí de fenómenos relacionados con la masa central del Globo, sino de accidentes superficiales, y siendo así, no puede menos de existir una relación estrecha entre el fenómeno y la constitución geológica del suelo y aun con las direcciones de las corrientes de agua, etc.

La transmisión de la onda sísmica se verifica con una velocidad muy variable. Se calcula la

velocidad media, comparando la hora á que comenzó el terremoto en dos puntos lejanos. El famoso terremoto de Lisboa se propagó con una velocidad de 550 metros por segundo; el ocurrido en Alemania del Norte en 1848 alcanzó velocidades de 600 á 800 metros por segundo, y en el de Charleston (E. U.) ocurrido en Agosto de 1886 se llegó á la cifra de 5,000 metros por segundo.

La extensión de territorio á que se transmiten las ondas sísmicas varía también mucho: 153000 kilómetros cuadrados abarcó el ocurrido en el Japón en 1891: el famoso de Lisboa se sintió en toda la Europa occidental, el Norte de Africa, á lo largo de la costa Atlántica de este continente y en parte de América.

Vulgarmente se cree que los terremotos duran varios minutos; en realidad son sacudidas instantáneas, pero se suceden varias, y como es terreno queda muy quebrantado, durante algún tiempo hundimientos locales prolongan el fenómeno. Así se cuentan en un mismo lugar hasta centenares de sacudidas. En 1868 hubo un terremoto en el Ecuador que duró 15 minutos y costó la vida á 4,000 personas; en Lisboa las sacudidas duraron cinco minutos; en 30 segundos fué Caracas destruída en 1812.

47.—**Efectos de los terremotos.**—Antes del terremoto, el barómetro baja y sube bruscamente; ocurren disturbios atmosféricos: precede á la conmoción un ruido subterráneo de carácter variable en cada territorio, y alguna

señal debe existir, no perceptible para el hombre, cuando los animales domésticos dan muestra primero de inquietud y de pánico después, poco antes de la sacudida.

Al sacudimiento acompaña una serie de trastornos difíciles de catalogar; los edificios se agrietan y derrumban; las casas desapare-

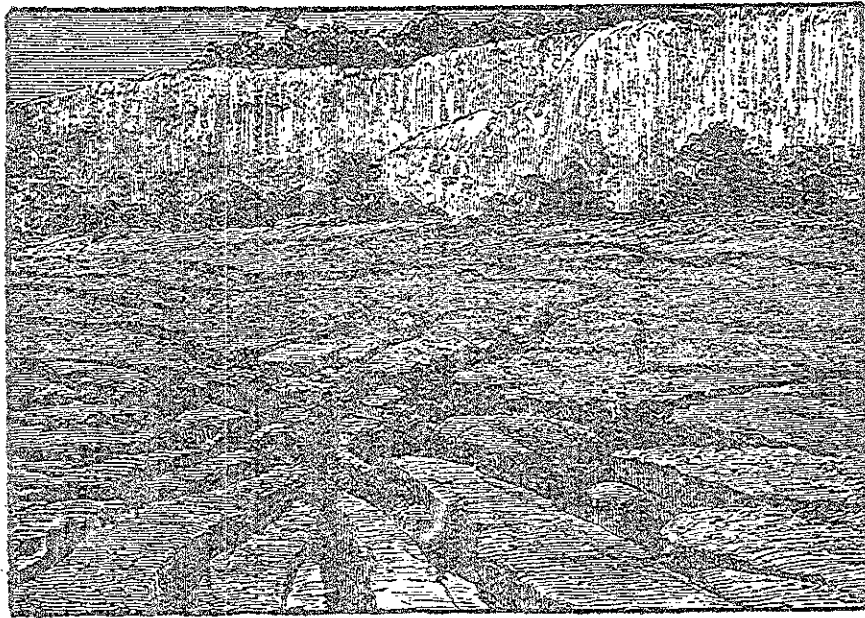


Fig. 46.—Grietas producidas por un terremoto

cen á veces en profundas hendiduras del suelo; perecen familias y aun pueblos enteros y se transforma en un instante la topografía de un país.

En el terreno se producen hundimientos que rebajan el nivel; se agrietan las rocas (fig. 46), abriéndose fallas y resbalando una parte sobre la otra hasta quedar en muchas ocasiones algunos metros más altas ésta que aquélla. Rocas inmensas (fig. 47) separándose de los macizos montañosos, caen y se fragmen-

tan; los ríos salen de su cauce y motivan inundaciones, variando después de curso ó también, penetrando por las grietas, pueden desaparecer; las fuentes se secan; los manantiales fríos se vuelven termales y las aguas potables se convierten en salinas; se opera por la multi-

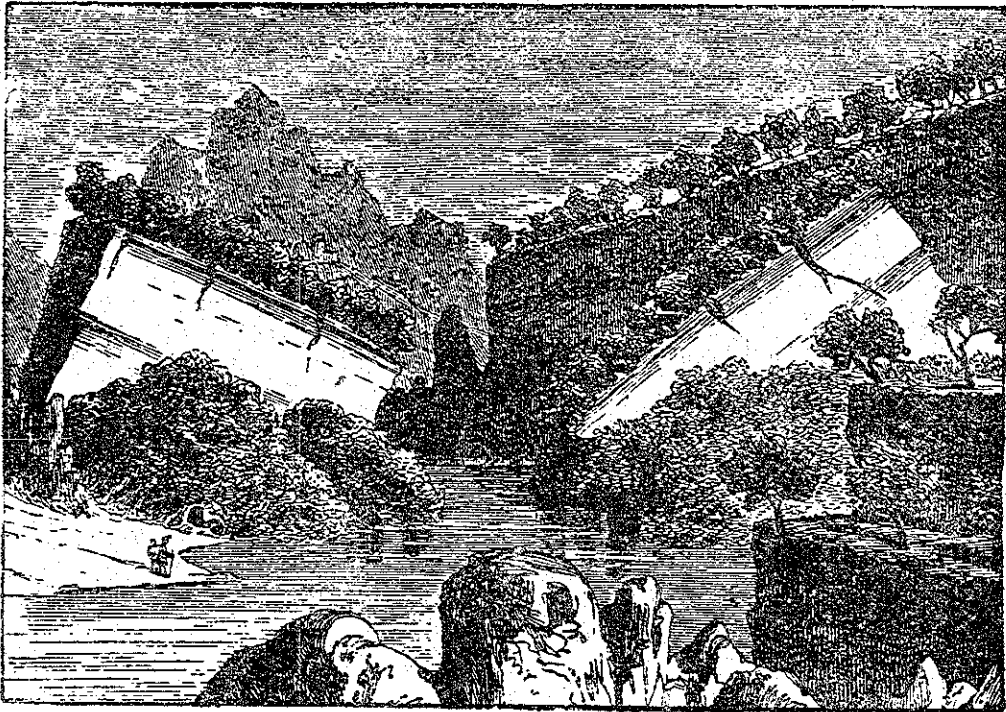


Fig. 47.—Deslizamientos y desplomes producidos por un terremoto

tud de grietas que se abren, transformaciones tan grandes en el régimen de las aguas como en la disposición de las rocas.

Con el terremoto de Lisboa coincidió la aparición de las fuentes sulfhídricas de la Puda, al pie de Montserrat.

En el mar las sacudidas sísmicas producen también grandes efectos. Fórmase en alta mar una gran *onda de traslación* que sacude los

barcos, y al llegar á la proximidad de las costas motiva primero un movimiento de retroceso que deja en seco puertos y bahías; la retirada dura desde algunos minutos hasta media hora y más, volviendo el agua en una enorme ola de 10 á 30 metros de altura que se precipita sobre la tierra arrastrando y destruyendo cuanto encuentra al paso. Una ola de esta índole produjo en Java más de 40,000 víctimas cuando la erupción del Krakatoa.

A consecuencia de un terremoto, en Arica (Perú) el 13 de Agosto de 1868, las aguas invadieron la ciudad transportando por encima de ésta á una milla de distancia, tres grandes barcos que estaban fondeados en el puerto; nueve años después se repitió la invasión de las aguas, y uno de los buques, la corbeta *Waterie*, fué transportado 4 kilómetros más al interior.

48.—**Regiones de terremotos.**—**Regiones españolas.**—Claro está que en primer término, las zonas más propensas á terremotos serán las volcánicas, y así es en efecto: la región de los Andes, los archipiélagos que bordean el Asia (Japón, Filipinas, el de la Sonda); las zonas comprendidas entre los continentes septentrionales y meridionales, (istmo de Panamá, islas entre Australia y Asia, Italia, etc.) En el llamado *ecuador de contracción* de la Tierra (1) las sacudidas han

(1) Véase mi *Geografía Física*, (págs. 31 y 32).

de ser muy frecuentes, como lo son en las comarcas que aparecen dislocadas aun cuando no haya volcanes (región de los Alpes, de los Pirineos, Mediodía de España).

Es que las zonas indicadas son las más débiles del planeta, y las contracciones que éste sufre por disminuir su calor, se acentúan en los puntos de menor resistencia.

En España se distinguen las siguientes *regiones sísmicas*: del NO. (en derredor del promontorio gallego) y la del litoral portugués, que no tienen relación con fenómenos volcánicos relativamente recientes; la del Mediodía (provincias de Almería y Murcia, en donde hay erupciones volcánicas antiguas y provincias de Málaga y Granada); la catalana-balear, que comprende volcanes recientes, como los de Olot al N. y las Columbretes al S. de la región.

Los movimientos sísmicos de la Península nuestra están relacionados íntima y estrechamente con la estructura geológica de este gran promontorio situado en el límite occidental de Europa.

Con relación á la zona meridional, el ingeniero Nogués, que la estudió detenidamente, hizo constar esta conclusión: cuando el centro de conmoción se encuentra en Murcia, los movimientos se coordinan con relación á la falla del Segura y se extienden muy poco fuera de ella; raras veces llegan las ondulaciones á las provincias andaluzas próximas, y si llegan

es muy débilmente. La misma independencia halló el distinguido geólogo en los terremotos de la provincia de Almería; raras veces—dice—los sismos violentos de Almería, Vera, etcétera, han sido intensos en Málaga, Granada y Murcia. Los de Málaga ó de Granada se hallan evidentemente en relación con las fallas del Guadalfeo y del Guadalhorce y con las sierras Tejea y Almijara.

VI

VOLCANISMO

49.—**Fenómenos eruptivos.**—En aquellas zonas terrestres cuya debilidad se acusa por los trastornos que han sufrido secularmente, la energía empleada en quebrar los estratos ó en acomodarles á menor espacio replegándolos, puede transformarse, y encontrando condiciones favorables, dar lugar á la producción de los fenómenos eruptivos.

En éstos tiene una influencia indudable el agua, ya se infiltre por capilaridad por las rocas ganando las zonas terrestres en que la energía está acumulada, ya sea su infiltración más rápida desde los mares ó los grandes lagos. La afluencia del agua á las zonas en que la secular contracción del planeta deja sus huellas, ha de ser causa del despertar de

las energías latentes y producir los fenómenos eruptivos.

Si el agua vuelve otra vez al exterior en estado líquido, forma las fuentes termales ó los geiseres; si pasa al estado de vapor, producirá las violentas explosiones que se denominan erupciones volcánicas. Esta diferencia en la acción permite dividir los fenómenos eruptivos en dos grupos, en *volcánicos* é *hidrotermales*; al tratado de los primeros cuadra perfectamente el nombre del volcanismo y de geiserismo al de los segundos.

Tiene la actividad volcánica manifestaciones muy diversas; las más aparatosas son las *erupciones*, á las que preceden y siguen emisiones de gases ó vapores que dejan en los bordes de las grietas por donde escapan diversas substancias minerales precipitadas. Hay también manifestaciones volcánicas que no van acompañadas de altas temperaturas, tales como los volcanes de fango y las mofetas.

De todos estos puntos trataremos en los párrafos que siguen con la brevedad que esta obra exige.

5o. — *¿Que es un volcán?*. — De ordinario se denomina así un cerro de mayor ó menor elevación que termina en profunda sima, llamada *cráter*, por el que salen substancias gaseosas ó sólidas. Estas, aglomerándose, constituyen el cerro cónico que lleva el nombre de *cono volcánico*.

En realidad un volcán es — dice Macpher-

son— sencillamente una grieta ó abertura que se establece en la corteza terrestre y que la pone en comunicación con la profundidad; y por ella salen gases y vapores á muy alta temperatura que arrastran inmensa masa de materiales en estado de división mayor ó menor y á elevada temperatura también, á cuyos materiales acompañan ó siguen rocas en estado de fusión llamadas *lavas*, que en forma de corrientes más ó menos extensas se desparraman en diferentes direcciones.

Por la estructura, los volcanes se dividen en *homogéneos* y *estratificados*; los primeros vierten sus materiales sin explosiones violentas cubriendo el suelo y rellenando cavidades y grietas. Así se han formado los diques y cúpulas de basalto. Volcanes estratificados se producen cuando hay erupciones violentas, formándose el cono volcánico con cenizas, escorias, etc., que forman capas distintas, marcando cada capa un período de actividad.

Hay cráteres al nivel del suelo que se llaman *cráteres de explosión*; se formaron de un modo rápido; algunos, llenos de agua, forman hoy lagos característicos en América Central.

Si un cráter se derrumba de un lado adquiere forma de *herradura* y con este nombre se le designa en tal caso.

Un cráter nuevo puede abrirse dentro de un viejo cráter. Así pasó en el Vesubio: antes del año 79 de la era vulgar (fig. 48), estaba siglos hacía apagado, sus laderas y su cráter llenos

de jardines y viviendas; al pie se asentaban dos ciudades: Pompeya y Herculano. Súbitamente hizo explosión, redujo á polvo parte del antiguo cono volcánico, sepultando á las dos infortunadas poblaciones. Pompeya ha podido desenterrarse por completo y ofrecen hoy

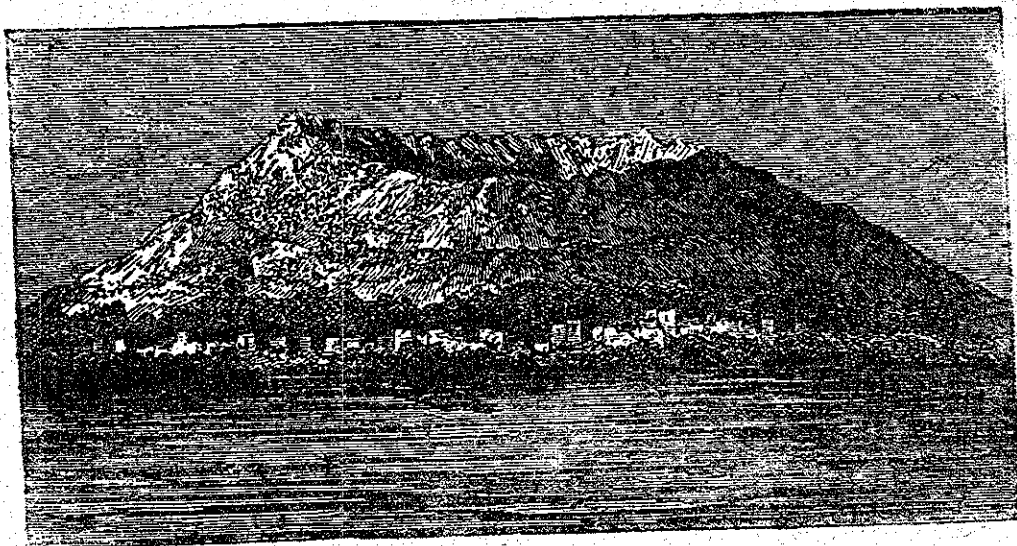


Fig. 48.—El Vesubio al principio de la era vulgar

sus ruinas grandiosas un interesante conjunto que produce viva emoción (fig. 49).

La actividad de los volcanes puede ser permanente ó sólo periódica. El Vesubio, desde el año 79 hasta el siglo XIII, tuvo una erupción por siglo próximamente. El volcán Estrómboli, de la costa italiana, y el Sangay, de los Andes, tienen explosiones casi cada minuto; en cambio el Pico de Teide, en Canarias está en reposo siglos enteros.

51.—Fumarolas, solfataras, mofetas y erupciones.—Terminada la erupción, en el cráter, en diferentes puntos, por las grietas y

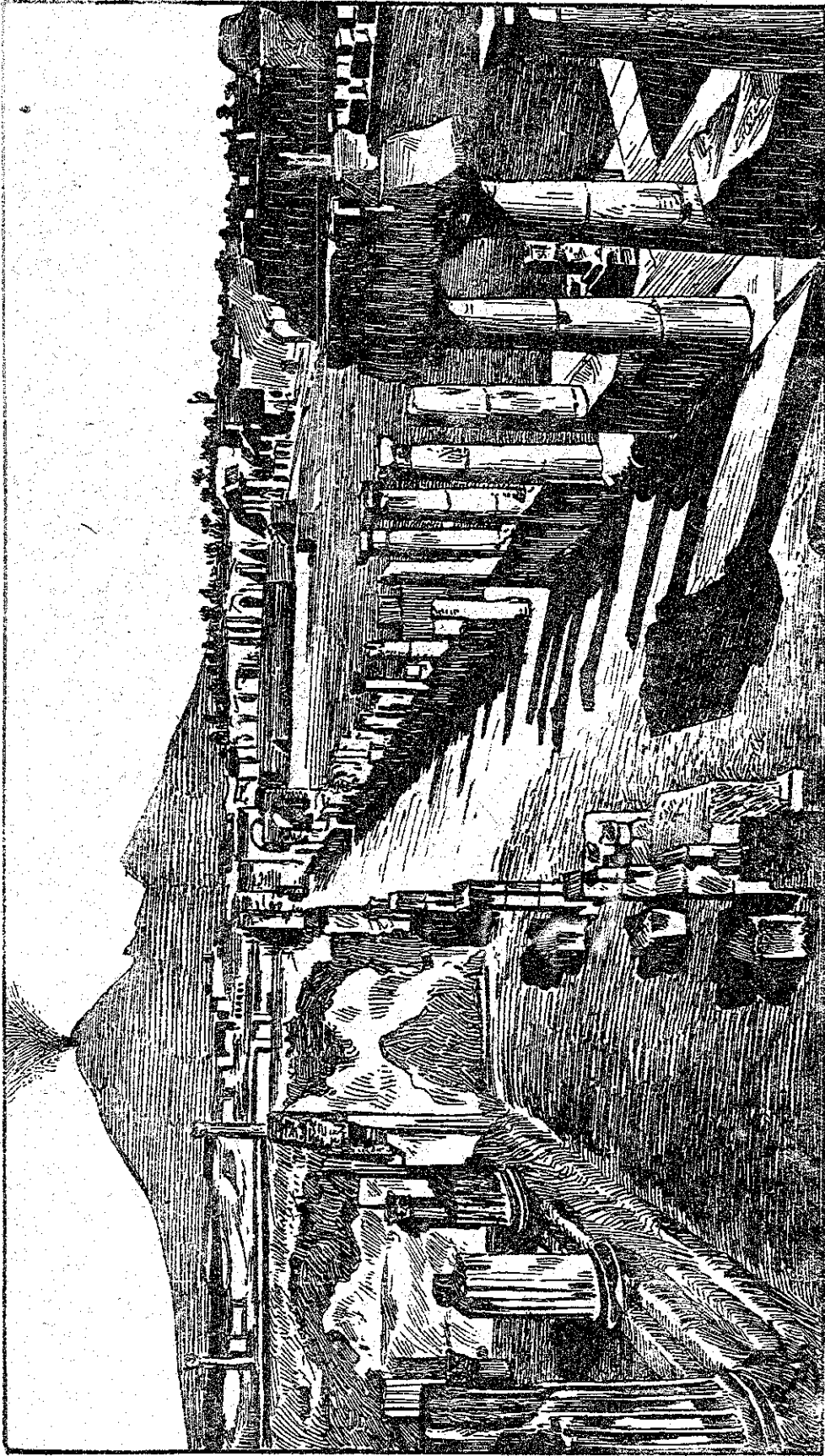


Fig. 49.—Aspecto actual de Pompeya

sobre las lavas, aparecen humos compuestos de diversos gases; se les llama *fumarolas*, y las hay de dos clases: unas en que domina el vapor de agua y hay hidrógeno libre; otras secas en que los productos dominantes son cloruros (de sodio, de amonio, de hierro) y en que hay azufre.

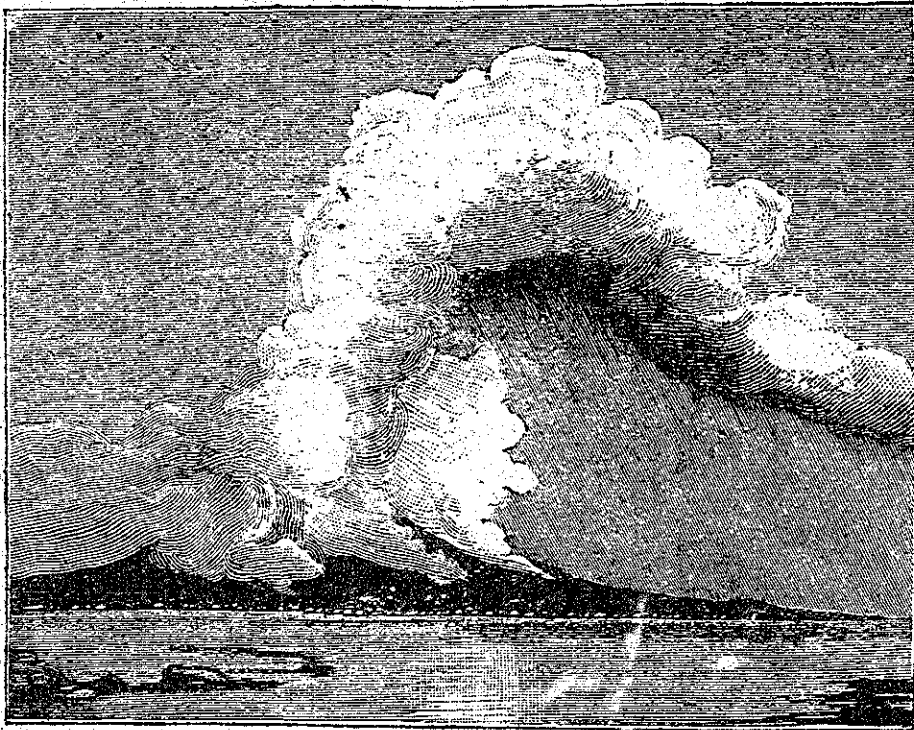


Fig. 50.—Una erupción del Vesubio (volcán de Nápoles)

Cuando la actividad de las fumarolas decrece se convierten en *solfataras* ó azufrales. El ácido sulfhídrico, al desprenderse en ellas, se oxida, depositándose el azufre, que llega á formar capas de gran importancia. Bien conocidas son las solfataras inmediatas al Vesubio y al Etna; estas últimas envían al comercio anualmente más de 200.000 kilos de azufre.

Sigue en decrecimiento la actividad volcá-

nica, y ya sólo se desprenden gases estables á baja temperatura como el ácido carbónico, los hidrógenos carburados y sulfurados, constituyendo las llamadas *mofetas*.

Pero las manifestaciones volcánicas que infunden más pavor, que tienen más importancia para la dinámica terrestre, que adquieren una grandiosidad incomparable, son las que reciben el nombre de *erupciones* (fig. 50). Hay casos en que aparecen sin previo aviso, sin violentos fenómenos, y se realizan como pudiera realizarse una función de fuegos artificiales, con explosiones violentas, poniendo en juego grandes energías, pero sin modificar apenas las condiciones de los pueblos comarcanos y no causándoles grandes daños. Otras veces la erupción tiene consecuencias terribles; recuérdese la última del Krakatoa ocurrida de Mayo á Agosto de 1883; le precedieron violentos terremotos; el mar agitadísimo penetró algunas millas en el interior de las tierras; se hundieron regiones de gran extensión y se levantaron otras; la cantidad de lavas y cenizas arrojadas fué tan enorme, que se cubrieron las islas próximas al volcán de una capa blanquísima de 30 á 40 metros de espesor, constituyendo islotes allí donde existían bajos de menor profundidad; los materiales lanzados á distancias enormes se diseminaron por el estrecho de la Sonda y por el interior de las tierras inmediatas; las cenizas arrojadas con violencia llegaron á grandes alturas atmosféricas.

ricas y recorrieron gran parte de la Tierra, produciendo aquella coloración rojiza crepuscular que alarmó á las gentes timoratas; pueblos enteros desaparecieron ó quedaron en su mayor parte destruídos, y más de 50.000 personas pagaron con su vida la violenta expansión de aquel volcán, dormido durante dos siglos.

Más terrible fué aun la erupción del Coseguina (América Central) en 1835; se calcula que arrojó más de 50 kilómetros cúbicos de materiales; la montaña se redujo de 2.000 metros á 1.168 y el país quedó cubierto en 40 kilómetros á la redonda por una capa de detritus que tenía 5 metros de espesor.

Los materiales arrojados por los volcanes son bastante variados y diversas las formas de consolidación de las lavas; pero el más abundante y el de mayor importancia es el agua, que sale en cantidad incalculable y forma á veces sobre el cono volcánico elevadísimo penacho que se disemina en amplia nube al llegar á ciertas altas regiones de la atmósfera; en el Vesubio, ese penacho, enrojecido por la noche, proyectando su vivo color en las aguas del Golfo de Nápoles, produce un efecto fantástico, indescriptible.

El agua que vierten los volcanes puede no ser eruptiva; si el cráter se llena por las lluvias acumulándose gran cantidad de líquido, éste se vierte uniéndose á las materias terrosas de la erupción, formando un barro caliente

que corre por las laderas del volcán y destruye cuanto encuentra al paso. Así sucede en el Cotopaxi.

Las rocas que salen por las grietas volcánicas, según como se consolidan, adquieren formas distintas; fórmanse en muchas ocasiones lavas retorcidas que parecen cuerdas, (figura

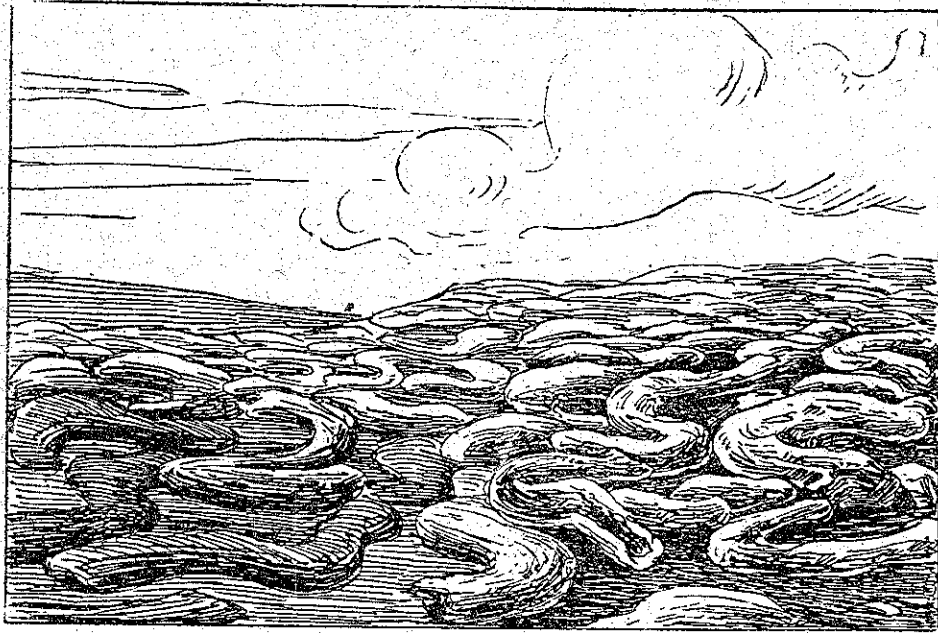


Fig. 51.—Lavas retorcidas como cuerdas en el Vesubio

51); si se enfrían al aire libre y la lava está cargada de gases se convierte en una especie de escoria esponjosa que á veces hasta flota en el agua; si hay presión y el enfriamiento es lento, las masas se hacen muy compactas; interviniendo el agua líquida, al contraerse la masa fundida adquiere formas prismáticas que constituyen columnatas espléndidas como la gruta de Fingal, los órganos de Spaly en Francia, las rocas de los Cíclopes en Sicilia y

el acantilado de Castellfullit (provincia de Gerona).

Si la corriente de lava se fracciona sobre un lecho de arena, se producen masas retorcidas muy curiosas, algunas fusiformes que se parecen mucho á las llamadas *bombas volcánicas*, originadas por el movimiento de rotación que adquieren en el aire al ser arrojados por el volcán, algunos fragmentos de lava.

En resumen: toda erupción se compone de tres clases de elementos: 1.º, las rocas fundidas que se denominan *lavas*, sean macizas ó escorias; 2.º, los productos gaseosos á los que se deben las explosiones; 3.º, la materia sólida que formaba el cerro volcánico antes de la erupción y que se fragmenta mucho (*lapilli*) y aun se convierte en polvo.

52. — **Distribución geográfica de los volcanes.**—El número de volcanes es en realidad reducido. Se ha exagerado mucho la eficacia de la acción volcánica reciente; que hayan dado señales de actividad en tiempos históricos se conocen unos 300; los extinguidos son más de 400. Todas las rocas volcánicas del Globo no alcanzan á 1.000,000 de kilómetros cúbicos, y esta cifra que nos parece enorme resulta insignificante al lado del volumen de la Tierra, que pasa de 1.000,000 de millones de kilómetros cúbicos; total los volcanes no han llegado á formar ni la millonésima parte del Planeta.

Examinando el planisferio en que se han

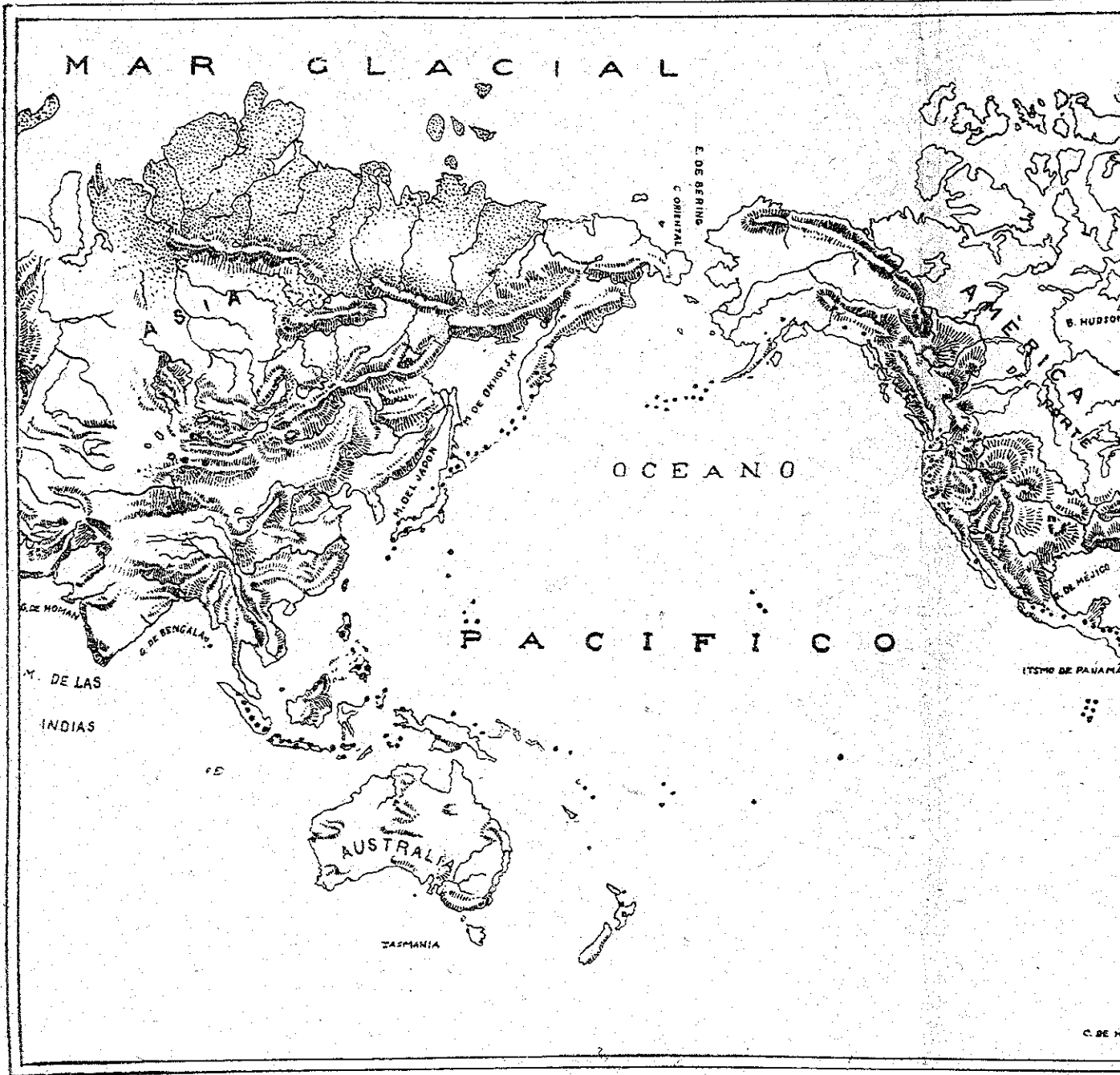


Fig. 52.—Distribución geográfica de los volcanes, repre

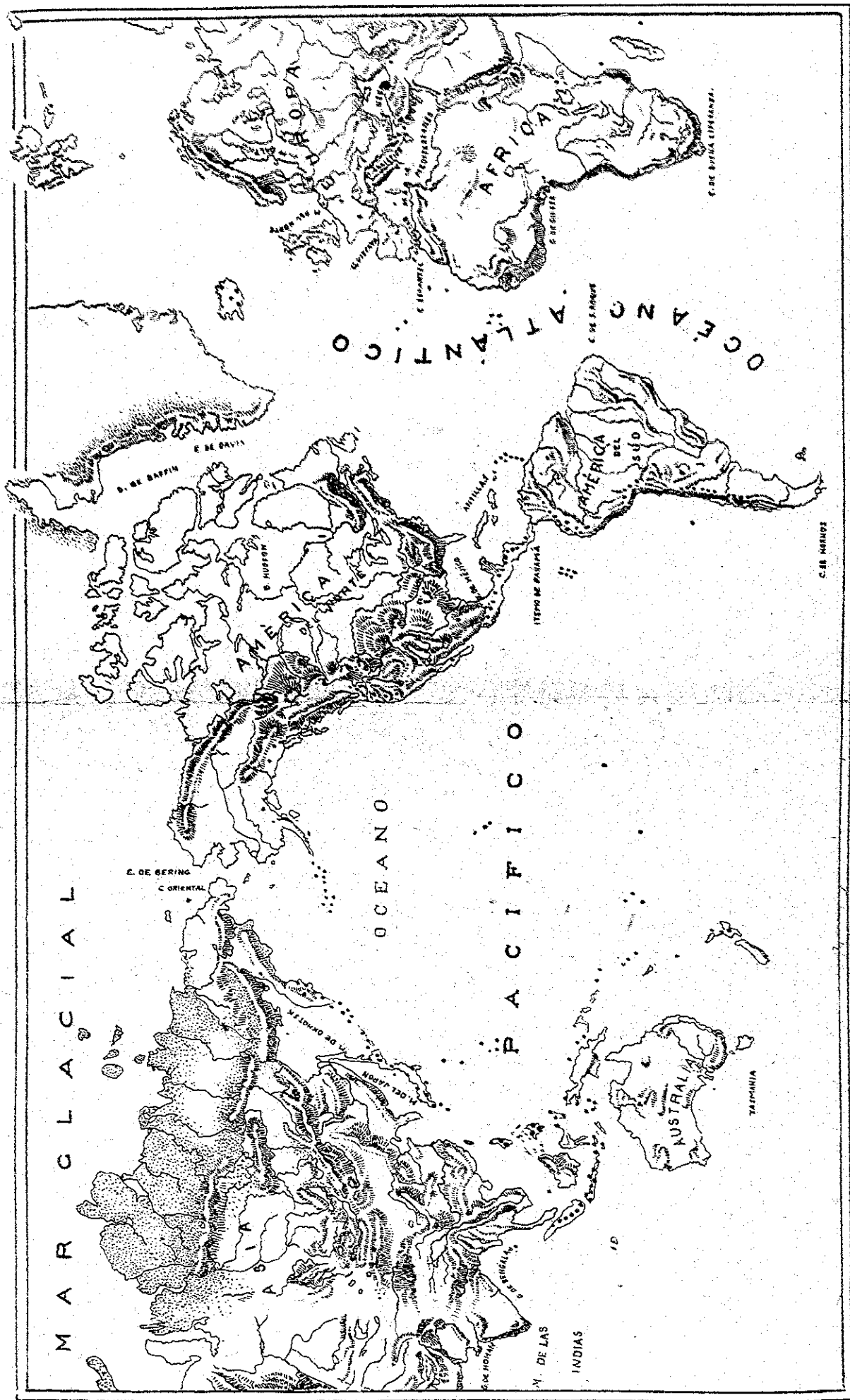


Fig. 52.—Distribución geográfica de los volcanes, representados por puntos negros

marcado con puntos los volcanes (fig. 52) se observa, en primer término, que la mayor parte se congregan en derredor del gran Océano, cerrándole casi el paso por el N. la línea volcánica de Alaska, islas Aleutianas y Kamtchatka; no sólo rodean á la inmensa mole de agua grandes cordilleras, los verdaderos gigantes de la orografía, sino que también le aprisiona un círculo incandescente. Desde la tierra del Fuego, que ofrece el grandioso contraste de volcanes activísimos sobre campos glaciares, la cadena de los Andes forma una línea volcánica no interrumpida, en la que se encuentran cráteres activos á 6.000 y hasta 7.000 metros; sigue la línea por las sierras mejicanas y las de América del N., pasando desde Alaska á Kamtchatka y luego por el Japón y Filipinas á los Archipiélagos oceánicos.

Otras depresiones se hallan también acompañadas de su cohorte volcánica. El Atlántico tiene á Islandia con su grupo de volcanes, á las Azores, á las Canarias con el Teyde gigante, á las islas de Cabo-Verde y Pequeñas Antillas.

Desde el Archipiélago de las Indias orientales hay una línea de fuego que enlaza los volcanes extinguidos ó activos de la India, Persia, Asia Menor, Costas Africanas con la serie del mar Egeo y de Italia.

Se vé, por tanto, que los bordes de las depresiones son principalmente el asiento de las

energías volcánicas, existiendo una relación muy estrecha entre la orografía y el volcanismo. La hay también entre los mares y los volcanes.

53. — **Volcanes más importantes.** — Es el más famoso y el mejor estudiado de todos los europeos, el *Vesubio*. Data su historia desde la destrucción de Pompeya en el siglo I de la era vulgar; siguen sus erupciones, casi de siglo en siglo, hasta el XIII: está inactivo después hasta 1631 en que tiene una erupción violentísima; continúa con intervalos cortos de inacción hasta mediados del siglo XIX y desde entonces hasta 1872 su actividad aparece como adormecida. Desde 1872, las erupciones se repiten, pero no tienen la violencia extraordinaria; la actividad es constante pero poco enérgica. Este mismo año, y en la época en que se imprimen estas páginas (Abril) hay una erupción imponente en el *Vesubio*.

El *Etna* se levanta en Sicilia á 3.200 metros sobre el nivel del mar y sus erupciones son bastante regulares.

El *Estrómboli*, situado á corta distancia del *Etna*, forma parte de las islas Lípari, dista poco de Calabria; el cráter se encuentra á 925 metros sobre el mar, tiene 725 metros de diámetro y en su fondo bulle incesantemente lava que sube cada dos minutos unos seis metros, se desprenden en aquel momento gases que arrojan al aire escorias y piedras, y vuelve en

seguida la lava á su nivel primitivo. Con esta regularidad se ha repetido el fenómeno muchos siglos; hace sólo unos cuantos años que parece adquirir un aumento de actividad.

El pico de Teyde, en Canarias, está apagado desde 1798. Los cráteres más importantes son el *del Pico* y el de *Chahora*. La altura mayor del Teyde es de 3.716 metros. En los tres meses que duró el último período de actividad, se abrieron cuatro cráteres á una altura de 6.000 pies sobre el nivel del mar.

A los señores Giménez de la Espada y Calderón se deben descripciones de algunos volcanes americanos que ofrecen gran interés. El último de dichos señores ha descrito un volcán de Nicaragua, el *Momotombo*; está situado en la cima de un monte notable por su regularidad; puede considerarse como un tipo de cono volcánico y está compuesto de cenizas blanquecinas cerca de la cima, escorias en la parte media y en la base una tierra ocrácea de color obscuro. Se encuentra el Momotombo á la extremidad de un promontorio que divide en dos amplias bahías la parte superior del lago de Managua. La cima se eleva á 6.000 pies y se ve á 30 leguas de distancia, ofreciendo un cráter pequeño, de contorno regular, con muchas hendiduras laterales, por las que se desprenden vapores y humos, depositándose azufre. Al lado del Momotombo hay otro volcán más pequeño, el *Momotombito*, situado en un islote, á 2.800 pies, y de una figura tan re-

gular que parece de lejos un montículo artificial. La región de los lagos nicaragüenses ofrece gran interés bajo el punto de vista volcánico.

Entre los volcanes americanos merecen además mencionarse:

En Guatemala el *del Fuego*, situado al O. de la antigua ciudad de Guatemala, á 4.250 metros sobre el mar: la línea volcánica de este país sigue la dirección de la costa; los volcanes son muy elevados y sirven de faro á los navegantes.

En Bolivia y alto Perú una parte de los Andes se halla coronada de altísimos volcanes, entre los cuales se encuentran el *Chipicana*, el *Arequipa* y el *Pichupichu*.

En el Ecuador hay un inmenso macizo volcánico que se extiende de N. á S. en el que se hallan: el *Cotopaxi*, el *Pichincha*, el *Tungurugua* y el *Antisana*. Se considera también el *Chimborazo* (6.254 metros sobre el mar) como un volcán apagado.

En Méjico todos los volcanes se encuentran en una sola línea; el *Orizaba*, el *Popocatepetl*, el *Jorullo* y el *Colima* son los más importantes.

El *Cotopaxi* está á 5.960 metros sobre el nivel del mar; su cono volcánico es muy regular; parece un inmenso pilón de azúcar, blanqueado como está por las nieves: se halla casi siempre coronado por un penacho de humo. Las erupciones más notables fueron: en

1532, en 1533, en 1742, en 1743, en 1744, en 1746, en 1766, en 1768, en 1803, en 1855 y en 1856. Fué terrible la de 1778; las arenas y cenizas llegaron hasta Guayaquil y Popayán.

El *Pichincha* tiene forma irregular; mejor parece una sierra que un volcán; Quito debe los terribles temblores de tierra que la han asolado, á la proximidad de este volcán. Las erupciones más famosas ocurrieron en los años 1539, 1577, 1587 y 1660; en esta última se abrió el cráter de occidente, que se halla rodeado el por alto pico de *Rucu-Pichincha* (Pichincha viejo), *Guagua Pichincha* (Pichincha niño), etc.

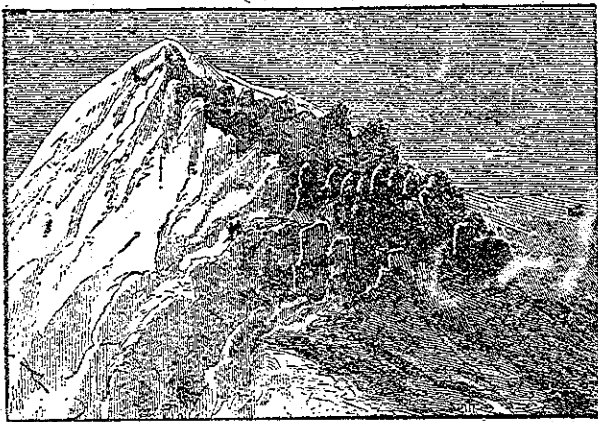


Fig. 53—Cráter del antiguo volcán del Orizaba (México), situado á 5,580 m. sobre el mar. La última erupción, en el año 1560, fué terrible.

El *Orizaba* es un hermoso cono, situado á 5.580 metros sobre el nivel del mar, cuyos bordes parecen aserrados (figura 53)

efecto de las erupciones; fueron éstas violentísimas de 1545 á 1560; desde entonces se hallan en reposo.

El *Popocatepetl* se levanta á 5.420 metros no lejos de la ciudad de Méjico; ha tenido te-

ribles erupciones, pero hace algunos siglos que demuestra sólo su actividad latente lanzando de vez en cuando vapores.

El *Jorullo* es de formación reciente; se levantó en 1759 en una fértil llanura del Estado de Valladolid; la primera erupción duró un año; después continuó el volcán arrojando lavas. En su derredor miles de pequeños montí-

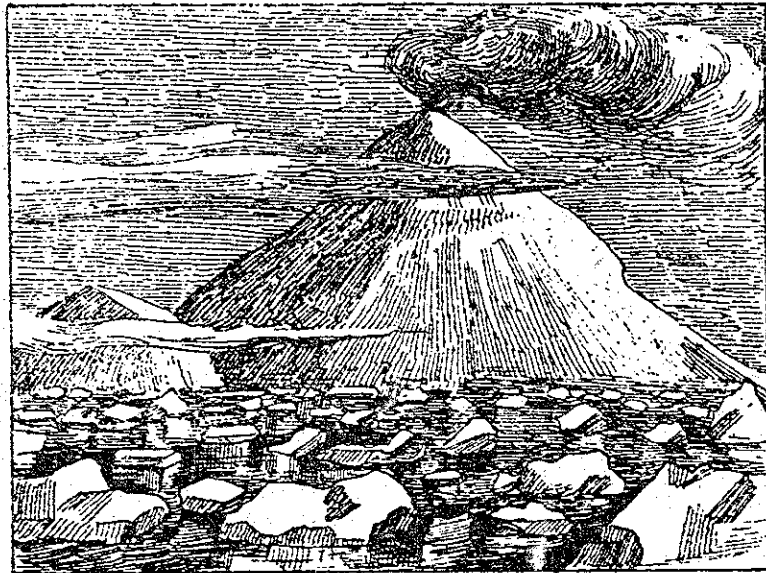


Fig. 54.—Volcán Erebus de las tierras antárticas

culos llamados *hornitos*, arrojan humo y gases.

Del *Coseguina* ya nos hemos ocupado anteriormente. En la América Central hay nada menos que 25 volcanes activos.

En estos últimos tiempos han adquirido triste notoriedad los volcanes de la Martinica; la erupción del *Mont Pelée* quedará como una de las más terribles que registra la Historia.

Son notabilísimos los dos volcanes antárticos, el *Erebus* y el *Terror* (fig. 54).

Islandia es también una región volcánica interesante; toda la isla (100.000 kilómetros cuadrados de superficie y 470 metros de altura media sobre el mar) es volcánica, y los restos de volcanes recientes ocupan la cuarta parte de su extensión. Aparte de las erupciones del *Hecla*, el *Kaila Laki* y otros, se menciona la erupción de 1783, en la que salió por una grieta de 20 kilómetros de longitud, lava en cantidad enorme, desparramándose por el país en una extensión de 900 kilómetros cuadrados con un espesor de 30 metros.

Los mayores volcanes de hoy se encuentran en la isla de Hawai, perteneciente al Archipiélago de Sandwich, en el Pacífico septentrional. Junto al *Mauna Loa*, que tiene más de 4.000 metros de altura, se abre la enorme *caldera de Kilauea* (á 1.230 metros). Es una cavidad de paredes verticales, elíptica, de 13 kilómetros de circuito, en el fondo de la cual se abre una depresión cuyo centro está ocupado por un lago de lava fundida que sube, baja, aparece y desaparece sin hacer explosión. Entre tanto el *Mauna Loa* vierte lava de una fluidez extraordinaria en cantidad enorme, (pero sin explosiones), ya por la cima, ya por las grietas laterales.

La isla de Hawai está cubierta de tal cantidad de restos volcánicos que diseminados por

España la cubrirían toda de una capa de 20 metros de espesor.

54. — **Volcanes submarinos.** — Lo mismo que en la superficie de los continentes, pueden surgir los volcanes en el fondo de los mares; el cono volcánico forma en este caso islotes ó islas de alguna extensión, que generalmente desaparecen por el embate de las olas, dada la poca coherencia que suelen tener los materiales volcánicos.

En Europa se han repetido los casos de aparición de islas por efecto de erupciones; citaremos dos de ellos sumamente notables; la aparición de la isla *Julia* ó *Ferdinanda* al NO. de Sicilia en 1831, y la formación de islotes en la bahía de la isla de Santorín en 1866.

La isla Julia surgió de repente, en 1831. Dos meses después de haber aparecido desapareció.

Diversos fenómenos precursores anunciaron este acontecimiento. A partir del mes de Junio de aquel año, notáronse en los islotes vecinos grandes sacudidas; algunos barcos que navegaban por aquellos lugares fueron sorprendidos por trombas intermitentes en que el agua era lanzada á grandes alturas; hacia mediados de Julio, oyéronse ruidos cada vez más intensos; el aire olía fuertemente á azufre quemado; en la superficie de las aguas aparecían escorias negras y cenizas; flotaban gran número de peces muertos; vióse de día una co-

lumna de humo salir de los escollos; de noche adquiriría el fantástico aspecto de una columna de fuego.

En 10 de Junio se descubrió un islote, con su cráter en el centro, que arrojaba materiales volcánicos; el cono de escorias se hacía cada vez mayor; la erupción continuó con gran violencia hasta fin de Julio, en que fué visitado el lugar aquel por el geólogo alemán Hoffmann. Tenía entonces el cráter un diámetro de 200 metros; la isla agrandaba por momentos, gracias á la enorme cantidad de materiales eruptivos que salían por el cráter.

El espectáculo era imponente y grandioso; Hoffmann tuvo que hacer grandes esfuerzos para vencer el pánico de las gentes y lograr que le acompañaran algunos marineros con una pequeña embarcación para aproximarse á la isla naciente. Se abrieron nuevas bocas de fuego y al comenzar el mes de Agosto la isla arrojaba lavas y desprendía vapores por numerosos puntos separados.

Poco á poco la erupción fué cediendo y las olas comenzaron á enfriar los materiales, arrastrando los más ligeros y desmenuzando los demás poco á poco. La isla, en total, llegó á tener cinco ó seis kilómetros de circunferencia y una elevación de más de 70 metros.

En 12 de Agosto las erupciones cesaron completamente; siguió, no obstante, saliendo humo por el cráter; los gobiernos enviaron comisiones científicas para estudiar el fenó-

meno. Las olas continuaron su labor destructora; á fin de Septiembre las dimensiones de la isla habían quedado muy reducidas; conservaba la altura de 70 metros pero el contorno era apenas de un kilómetro. A fin de Octubre sólo quedaba de la que fué isla Julia ó Ferdinanda un montículo de escorias volcánicas que no tardó en desaparecer.

Algunos años más tarde, la sonda no denunciaba la más leve señal de levantamiento del suelo; las olas habían destruído y las corrientes transportado toda la masa de materiales volcánicos.

Dícese que por allá se ha notado después que el fondo del mar se levantaba nuevamente. Allí debe existir una grieta volcánica submarina.

Fenómenos análogos se realizaron en la bahía de la isla Santorín en el Archipiélago griego, allá por el año 1866.

El Archipiélago griego es juguete, casi continuamente, de las fuerzas volcánicas. En una de sus islas, la de Santorín—la antigua Thera, borde oriental de un viejo y extenso cráter—hacia dos mil años se producían fenómenos que parecían precursores de la aparición de un volcán. La circunferencia del cráter se completa con las islas Therasia y Aspronisi; en el interior de la bahía volcánica hay unos islotes llamados Kaimení.

Los escarpes de la isla Santorín alcanzan la altura de 250 metros, y como la profundidad

del mar por aquellos parajes es de 250 á 300 metros, resulta que para levantarse un islote volcánico por encima de la isla, habría de pasar de 500 metros de altura.

Ya cuenta Plinio (naturalista romano del primer siglo de la era vulgar) que Therasia se destacó de Santorín 236 años antes de nuestra era á consecuencia de un terremoto; posteriormente aparecieron otros islotes.

En 1650 hubo una violentísima erupción. Otra, acompañada de terremotos, en 1707; en Mayo de este mismo año apareció una pequeña isla de piedra pómez, que llamaron isla Blanca y que á mediados de Junio tenía ya más de un kilómetro de circunferencia. Por entonces salieron á la superficie rocas negras y de entre ellas se desprendieron vapores sulfurosos, luego vomitaron cenizas y piedras. Fué, sin duda, la erupción de un volcán submarino. Las deyecciones volcánicas cubrieron la isla Blanca, y como efecto final apareció la isla Neo-Kaimení, que tiene próximamente nueve kilómetros de circunferencia.

Desde aquella lejana época, hasta 1866, reinó completa tranquilidad en la bahía de Santorín.

En los últimos días de Enero de aquel año, un temblor de tierra anunció la repetición del fenómeno experimentado 150 años antes. Tras del terremoto las emanaciones sulfurosas, el ruido subterráneo, la columna de humo, las rojas llamaradas. La isla de Neo-Kaimeni se

agrietó, arrojando por las grietas vapores; se hundió luego paulatinamente; aparecieron en su superficie pequeños lagos; cerca comenaron á salir productos volcánicos, formándose una isla nueva que recibió el nombre del Rey Jorge y que más tarde se unió á la Neo-Kaimení.

Pocos días después se formaba la isla que se llamó de Aphroessa; el fondo del mar se levantó en algunos puntos; de súbito prodújose una erupción violenta que costó la vida á algunos valerosos exploradores.

Durante todo el tiempo de la erupción, la cantidad de lava arrojada fué inmensa; se calculó que la masa de esta lava formaría en un kilómetro cuadrado una capa de 20 metros de espesor.

Nuestras islas Columbretes son restos de un cráter correspondiente, sin duda, á la erupción de materiales volcánicos por una grieta submarina.

55.—**Geiserismo.**—En las regiones volcánicas activas, cuando ha cesado un período de erupción, y en las inmediaciones de los volcanes apagados, son frecuentes las fuentes termales cargadas de substancias varias cuya existencia está ligada al fenómeno volcánico. Pero entre todas las fuentes ó manantiales, revisten especial importancia los surtidores de agua que se elevan á veces á gran altura del suelo, que surgen por conos especiales formados por la concreción de las substancias que

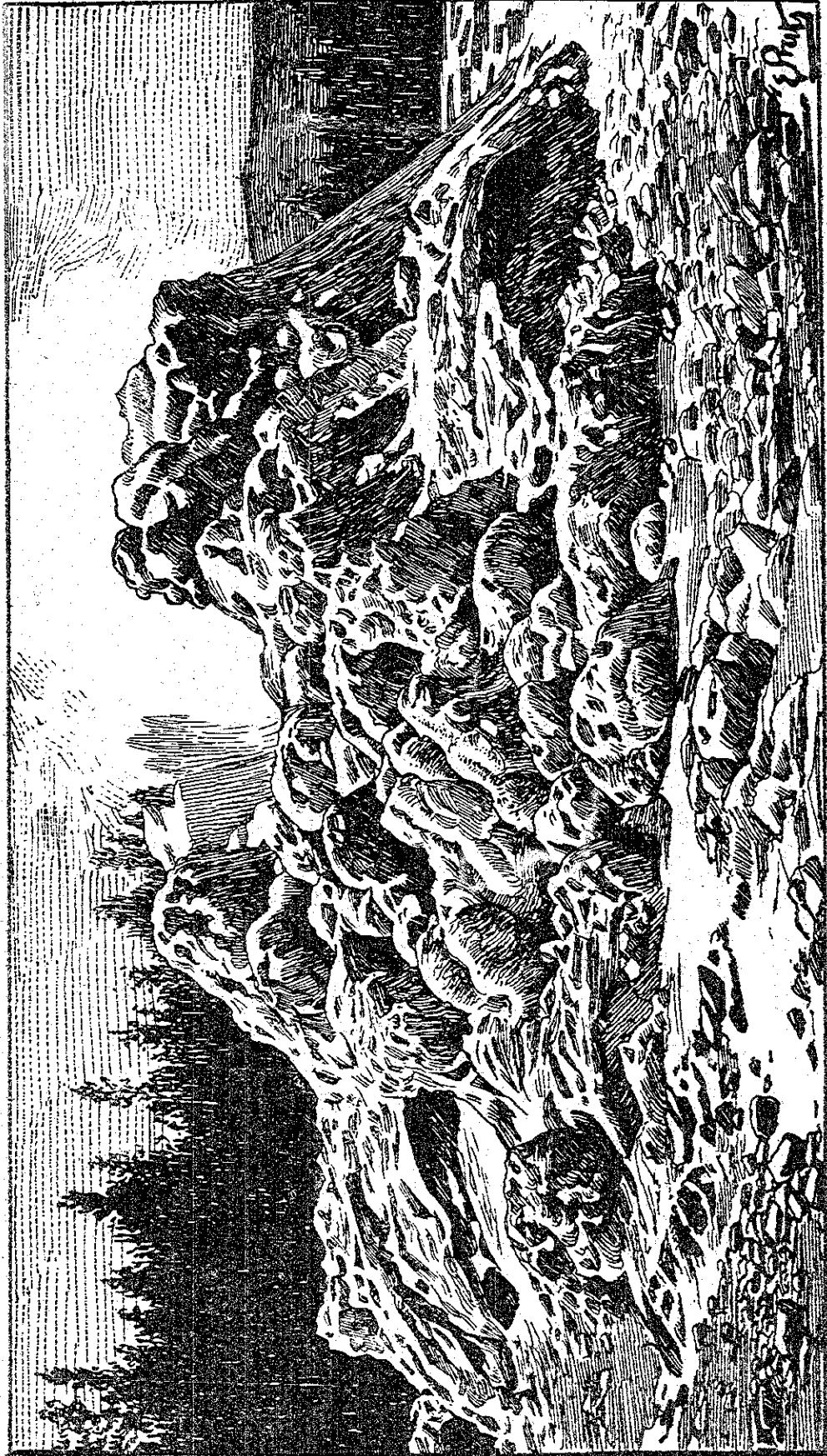


Fig. 55.—Masas de geiserita en un geiser de Montana (Estados Unidos)

el agua termal contiene (fig. 55) y que se manifiestan con cierta periodicidad en forma de erupciones líquidas, que una vez terminadas dejan convertido el cráter en lago hirviente.

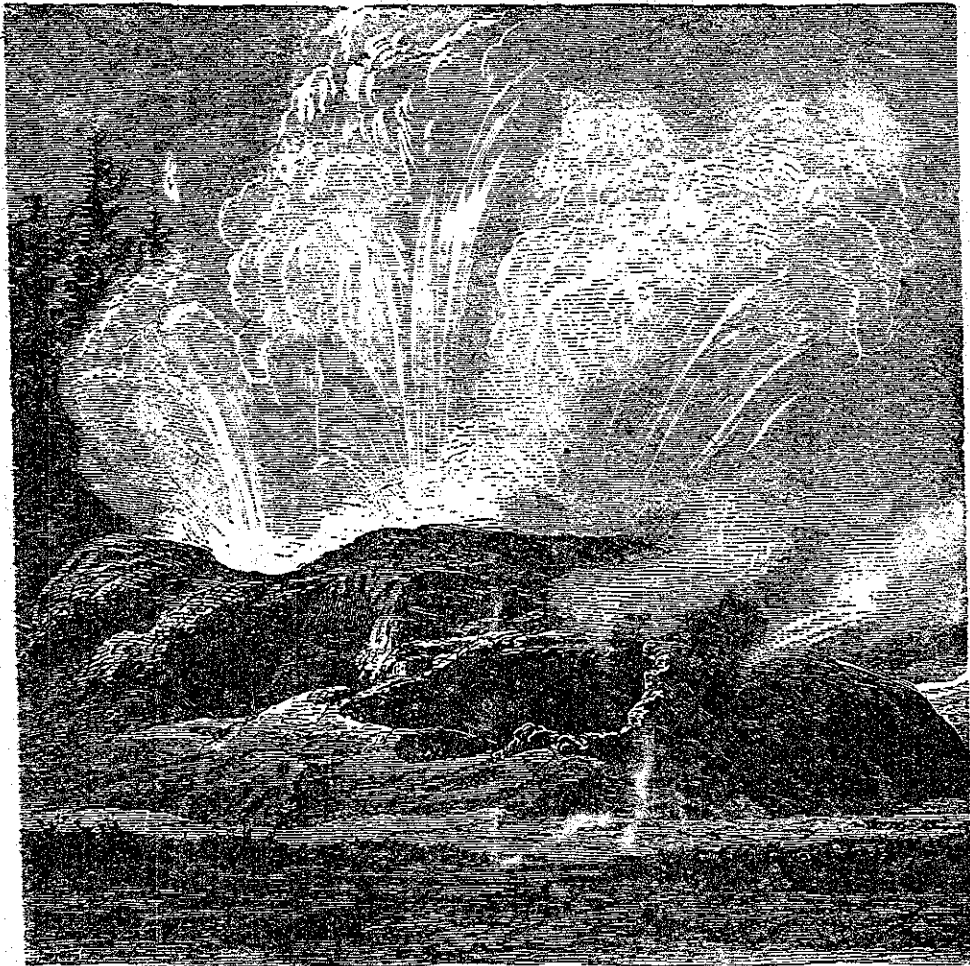


Fig. 56.—Un geiser de Islandia

Estos surtidores reciben el nombre de *geiseres*.

De antiguo conocidos son los de Islandia (fig. 56) y también los mejor estudiados. Se encuentran reunidos en gran número en una planicie al sudoeste de la isla, rodeados por campos de hielo. Descuella entre todos el *gran geiser*, cuyas aguas, depositando conti-

nuamente ácido silícico, han formado un cono de erupción de unos 10 metros de altura por 70 de diámetro, en cuya cima se abre un cráter de 18 á 20 metros de anchura y una profundidad de dos metros y medio próximamente; el ácido silícico depositado forma un mineral hidratado, un ópalo particular, que recibe el nombre de *geiserita*. El cráter, en el período de calma, se convierte en un lago cuya agua contiene una temperatura de 76 á 89 grados en la superficie, pero que aumenta con la profundidad hasta llegar á 125 grados si se toma á 30 metros. Cada 24 á 30 horas se produce una erupción; se oye un ruido subterráneo, el agua comienza á humear, hierve después, arroja pequeños surtidores y por último se lanza con fuerza al espacio formando una gruesa columna que llega en ocasiones á 50 metros de altura.

La periodicidad de la erupción se atribuye á la elevada temperatura que adquiere el agua á cierta profundidad; el líquido se convertiría en vapor sin la presión de la masa que tiene encima; no obstante, llega un momento en que puede vencer la resistencia de esta masa, y entonces le empuja violentamente, cesando la erupción cuando ha perdido el agua calentada la fuerza expansiva necesaria; el agua superficial se enfría poco á poco, la inferior más caliente vuelve á acumular energía hasta repetir la expulsión de la que impide sus naturales expansiones.

Todavía son más notables los geiseres de Nueva Zelanda. En un pequeño distrito de 2 millas cuadradas, existen nada menos que 50 fuentes termales, surtidores, hervidores, etc. En otro trecho de una milla hay 76 geiseres; el más importante de todos es el de *Tetarata*, cuyo cráter mide 26 metros de largo por 20 de ancho, y en el que el agua llega á 100 grados en la superficie.

No hace muchos años fué descubierta en los Estados Unidos la región geiseriana de Montana, en las Montañas Rocosas, junto á las fuentes del Yellowstone (fig. 57). El panorama grandioso de esta región no tiene rival; los geiseres de Islandia son insignificantes si se les compara con los del distrito mencionado.

En la parte superior de la cuenca del Yellowstone hay un gran número de manantiales calientes y de geiseres, siendo el más notable el de *la gruta*; es una caverna cuya entrada mide dos metros de diámetro, que arroja agua casi destilada y una gran cantidad de vapor, produciendo un ruido formidable.

Junto al lago que lleva el mismo nombre del río hay muchas fuentes y hervideros en los que el agua asciende y baja cada dos ó tres segundos; un poco más lejos se hallan agrupados unos 300 manantiales cenagosos que hierven atronando los aires.

Próximo al río Yellowstone corre el Fire Hole, que corresponde ya á la vertiente del Pacífico; en su cuenca hay dos grupos de gei-



Fig. 57.—Un geiser en la región de Montana

seres; el superior y el inferior. En este se encuentran: *Couch spring*, de cráter triangular; *Horn Bath spring*, el *Cavern* y el *Gran geiser*. La boca de este último tiene 250 pies de diámetro y 20 á 36 pies de profundidad; las erupciones comienzan por una detonación espantosa seguida de una brusca sacudida del suelo; surge pronto, arrojada con violencia, una columna de agua de 6 pies de diámetro, coronada por nubes de vapor que en espirales inmensos se elevan á más de 1000 pies; 20 minutos después la columna comienza á decaer con lentitud; en 36 horas el fenómeno se repite dos veces.

En el grupo superior existen 50 geiseres en actividad; entre ellos ocupa el primer lugar el *Giantess*; las erupciones suelen ser dos cada 24 horas y de 18 minutos de duración; la enorme columna de agua se eleva á 250 pies.

Este panorama supera á cuanto pueda describirse por su grandiosidad; ha sido declarado parque público y atrae miles de viajeros, que le visitan cada año desde que fué descrito y vulgarizado por la comisión geológica norteamericana.

En Filipinas describió notables fenómenos geiserianos el ingeniero Abella, en la región del Malinao (un gran volcán) junto al pueblo de Tini, en Albay. Los llamados *conos blancos* son montículos crateriformes, como los de los geiseres de Islandia, formados de sílice hidratada, por los que el agua sale á borbotones,

elevándose á gran altura. La temperatura de este líquido llega hasta 106° c. Fueron descritos por un viajero alemán en 1859 y desde entonces parece que ha disminuído mucho la energía de estos pequeños geiseres.

Existen también geiseres en Java. El profesor Calderón ha descrito fenómenos de esta índole en la región de los lagos de Nicaragua, especialmente al pie del volcán Momotombo, que en otro lugar hemos citado, y en la península de Chiltepe.

56.—**Fuentes termales.**—Entre las manifestaciones hidrotermales, las *fuentes* interesan especialmente, no sólo por su labor geológica, sino también por sus aplicaciones terapéuticas.

Siempre que el agua de una fuente atraviese una zona del terreno que esté á elevada temperatura, saldrá caliente á la superficie, y todas las causas que logren comunicar calor á las rocas pueden producir fuentes termales. Estas abundan en los terrenos volcánicos, pero las hay también en otros terrenos; reacciones químicas, movimientos moleculares producidos por la presión, deslizamientos de los estratos, cualquier causa mecánica ó química de carácter local ó relacionada con la dinámica general del Globo, puede ser causa de que una fuente termal se forme.

Como el agua caliente tiene gran poder de solubilidad, casi siempre las fuentes termales contienen productos disueltos que toman del

terreno y que les comunican virtudes terapéuticas.

La temperatura de las fuentes termales puede ser muy elevada: Boussingault halló en Trincheras (cerca de Puerto Cabello) en América, una que tenía 97° c.; Humboldt cita otra de 90°. En España hay algunas que alcanzan 70° (Caldas de Montbuy).

En los territorios volcánicos son, naturalmente, muy abundantes las fuentes termales. De todas las regiones americanas de esta índole pocas hay tan notables como la del Salvador, donde las fuentes reciben el nombre genérico de *ausoles*. El fenómeno allí es complejo, tiene algo de geiserismo y algo de los volcanes fangosos.

Cerca de la ciudad de Ahuachapan se hallan las más importantes en un amplio anfiteatro. La temperatura en ellas se eleva á más de 100 grados.

Hay muchas, y en tanto que unas proyectan, de cuando en cuando, lodo hirviendo, otras lanzan espesos vapores que cubren la atmósfera; el calor de la tierra es abrasador y parece á veces que se estremece bajo los pies del observador.

No lejos están las fuentes del Zapote, también de agua hirviendo, á más de 100° c. Hay 15 ó 16 pozos de donde brota el agua en abundancia; otros de fino lodo que se proyecta de vez en cuando; por las grietas del suelo salen vapores y gases y se oye en toda aquella zona

un ruido sonoro como el producido por una máquina de vapor.

La importancia que el hidrotermalismo tiene y ha tenido en las transformaciones del Globo, es enorme.

57.—**Manifestaciones volcánicas frías.**
—Son las más notables los *volcanes de fango* ó *macalubas*; arrojan gases fétidos, barro salado y á veces betunes; entre los gases se reconocen: ácido sulfhídrico; carburos de hidrógeno, ácido carbónico, etc. La acumulación del barro forma verdaderos conos, de bastante altura á veces, con su cráter. De estos curiosos volcanes los hay en América (Nueva Granada); en las orillas del mar Caspio, en Sicilia é Islandia; los hay también en España; en las provincias de Cádiz y Sevilla son frecuentes. Los gases que se desprenden son combustibles y, cuando no hay lodo, suelen inflamarse, constituyendo las *fuentes de fuego* que se observan en Pensilvania, en Persia, etc.; estas fuentes se hallan relacionadas con la producción del petróleo.

A veces el único gas que se desprende es el ácido carbónico; unas veces sale en libertad (*mofetas*) y otras se disuelve en el agua (*fuentes agrias*).

Como el ácido carbónico es más pesado que el aire, se acumula en la capa inferior de la atmósfera, que se hace irrespirable. Así pasa en la llamada *gruta del Perro*, en Nápoles, y en el llamado *valle de la Muerte*, en Java.

La gruta del Perro, cerca de Nápoles, es visitada por cuantos viajeros acuden á aquella región tan notable bajo el punto de vista volcánico. Una pequeña cueva, que nada de particular tiene en su aspecto, en cuyo interior un hombre de pie tampoco observa nada ni experimenta ninguna emoción; pero si encendemos una cerilla en alto y la vamos bajando llega á una zona inferior en que se apaga; lo mismo le pasa á una antorcha, y si repetimos el experimento, unos palmos por encima del suelo se forma una verdadera nube de humo blanco. En aquella gruta hay dos atmósferas de densidad distinta. Fácil es convencerse de que la atmósfera inferior es de ácido carbónico. Se lleva una botella con agua de cal y echando ésta en un vaso, en la atmósfera superior nada se nota, pero en la inferior el agua de cal se vuelve completamente blanca.

Pueden hacerse todo género de experiencias, entre ellas pasar el ácido carbónico de una vasija á otra y llevar un perro pequeño que respirando en la atmósfera inferior da en seguida señales de asfixia. De aquí el nombre que se da á la gruta.

El valle de la Muerte en Java es una cosa semejante; grietas del terreno desprenden ácido carbónico que hace irrespirable el aire en contacto con la tierra; si alguien queda dormido, puede no despertar.

En diversos puntos de España, sobre todo cerca de los territorios volcánicos, hay des-

prendimiento de ácido carbónico que se disuelve en el agua (*fuentes picantes ó agrias*).

Pero las más notables manifestaciones eruptivas frías que existen en nuestro país son las salzas. Muy características las de Morón y las que existen entre Paterna y Alcalá de los Gazules, al pie de Peña Arpada, que describe el Sr. Macpherson en los siguientes términos:

«En este sitio, como á 200 ó 300 metros del apuntamiento de ofita que sale á luz al pie de esta roca, observé en Mayo de 1870 un pequeño volcán de fango, notable por la perfecta regularidad de su forma. Era un cono truncado de unos dos metros de elevación por tres ó cuatro de diámetro en la base, y estaba formado por un finísimo barro negro. En la parte superior había un pequeño charco de agua del que se desprendían abundantes burbujas de gases con fuerte olor de hidrógeno sulfurado. Era tanta la sal que el agua contenía, tan grande su estado de concentración, que entonces cristalizaba por los lados del cono y por ciertos sitios parecía éste un montón de nieve.»

Estos conos existen también en gran número en Conil junto á los famosos criaderos de azufre. Su existencia se halla íntimamente relacionada con las erupciones ofíticas al lado de las que se encuentran, con el acompañamiento obligado de yesos, sal común y azufre.

Emanaciones gaseosas acompañadas de fango, son muy frecuentes en el fondo de los

arroyos en las localidades indicadas, pero no forman verdaderos conos. En el arroyo del Almendrón, á dos kilómetros al E. de Berrueco, hay extensiones del cauce formadas de ese fango negro, del cual se desprenden abundantes burbujas con fuerte olor sulfídrico. En el arroyo Salado de la Salineta de Guerra, observó en Mayo de 1897 el ilustre geólogo gaditano, protuberancias de variados colores, verdes, rojas, amarillas ó negruzcas, de cuyo centro se desprendían burbujas.

Pero los más notables y activos son los de Morón, que ya fueron descritos hace años por el profesor Machado, de grata memoria. En aquella época se contaban 10 volcancitos de fango, en la clásica localidad andaluza. Actualmente sólo hay tres en actividad. Están alineados de NO. á SE. en un estrecho valle llamado Cañada de los charcos de Aragón, á 15 kilómetros de Morón y 6 de Montellano.

Son conos de un metro próximamente de elevación, situados en el centro de un circo de barro resbaladizo y en cuyo interior hay cieno negruzco, espeso, fétido, cargado de materias orgánicas, que emite burbujas gaseosas. Cuando llueve, el barro más fluído se desborda por un canalito estrecho, formando un arroyuelo que arrastra sal común, cieno, azufre pulverulento, hidrato férrico, etc.

Cerca de los volcanes de fango hay ofitas y yesos. La relación de aquéllos con estas rocas es evidente.

ÍNDICE

ESTUDIO SUMARIO DE LAS ROCAS

PETROGRAFÍA

	<u>Págs.</u>
I.— <i>Caracteres generales de las rocas</i>	5
Origen.	5
Caracteres externos	7
Caracteres microscópicos.	9
Evolución de las rocas	15
Metamorfismo	18
Clasificación de las rocas.	20
II.— <i>Rocas cristalinas macizas</i>	21
Granito	21
Pegmatita, Protogina y Sienita.	24
Pórfidos	25
Diorita, Diabasa y Porfiritas.	26
III.— <i>Rocas cristalinas estratiformes</i>	28
Gneiss.	28
Micacitas y Filitas.	30
IV.— <i>Rocas volcánicas</i>	31
Liparitas y Traquitas.	31
Obsidiana y Piedra Pómez	32
Andesitas.	33
Basaltos	34
Escorias y detritus volcánicos	35
V.— <i>Rocas sedimentarias ó detríticas</i>	39
Orgánicas y de origen químico.	39
Arcillas y pizarras.	41

	Págs.
Areniscas	42
Conglomerados y rocas sueltas.	45

FENÓMENOS GEOLÓGICOS ACTUALES

DINÁMICA TERRESTRE

I.— <i>Acción geológica de los vientos</i>	48
Erosiones y transportes	48
Depósitos eolianos y dunas	51
II.— <i>El agua líquida.</i>	54
Circulación del agua en la Tierra	54
Erosiones y depósitos marinos	55
Acción geológica de las lluvias.	60
Acción combinada del aire y el agua	62
Erosiones y depósitos torrenciales.	68
Trabajo de los ríos.	71
Barras y deltas	73
Régimen de las aguas subterráneas	76
Acciones mecánicas de las aguas subterráneas.	78
III.— <i>El agua sólida</i>	80
Nieve y hielo.	80
Formación de los glaciares	82
Movimiento de los glaciares.	86
Erosiones, transportes y depósitos glaciares	87
Extensión de los glaciares	90
IV.— <i>Los seres vivos.</i>	92
Efectos generales	92
Depósitos silíceos	94
Depósitos calizos	96
Formaciones carbonosas	102
V.— <i>Movimientos del suelo</i>	104
Fenómenos geológicos de origen interno	104
Movimientos verticales suaves	105

	<u>Págs.</u>
Variaciones en el nivel de los mares	107
Terremotos	108
Producción y transmisión de la onda; foco inicial del terremoto	110
Efectos de los terremotos	112
Regiones de terremotos; regiones españolas.	115
VI.— <i>Volcanismo</i>	117
Fenómenos eruptivos	117
¿Qué es un volcán?	118
Fumarolas, solfataras, mofetas y erupciones	120
Distribución geográfica de los volcanes	126
Volcanes más importantes	132
Volcanes submarinos	138
Geiserismo	142
Fuentes termales	149
Manifestaciones volcánicas frías	151



La e
n
p
d
e
a
p

C
adu
can
nal
ado
cill

L
de
RE
na
tel
pa

L
(O
un
inf
co

P
lib
ed
tic



PUBLICACIONES

DE LA

ESCUELA MODERNA



La enseñanza libre resultará estéril mientras los programas no tengan por fundamento una biblioteca formada expresamente. Atendiendo á esta importantísima consideración, la ESCUELA MODERNA, tanto para sí como con el propósito de ayudar á las que se establezcan con análogo fin, ha fundado su Biblioteca, para la cual ha publicado ya las obras siguientes:

Cartilla (Primer libro de lectura). Dedicado á la enseñanza racionalista de niños y adultos; contiene, además de la enseñanza del mecanismo de la lectura fundado en un sistema original, una aplicación práctica del conocimiento recién adquirido, en que se expone de modo conciso y sencillísimo la existencia del universo.

Las Aventuras de Nono (Segundo libro de lectura), por JUAN GRAVE, traducción de A. LORENZO, 2.^a edición con prólogo del traductor. Destinado á robustecer el sentido común inicial en la inteligencia de los niños y á que rechacen la preocupación estacionaria.

León Martín La miseria, su causa, su remedio, por CARLOS MALATO. (Otro segundo libro de lectura). Es este librito como una exposición de la eflorescencia intelectual de la infancia, racionalmente desarrollada por el sentido común.

Preludios de la lucha (Otro segundo libro de lectura), por F. PI y ARSUAGA, con notas editoriales. Exposición clara y precisa de las injusticias sociales que sufre la humanidad.

Segundo Manuscrito Facilita la lectura de los múltiples caracteres de letra usados en la vida práctica, y secunda en la parte que le corresponde el criterio de la verdad.

Origen del Cristianismo (Cuarto libro de lectura). Crítica positiva é irrefutable, que ilumina la inteligencia del alumno, si no en la infancia, después, hombre ya, cuando intervenga en el mecanismo social; utilísimo además por no dirigirse exclusivamente á las escuelas primarias, sino también á las libres escuelas de adultos.

Geografía Física por ODÓN DE BUEN, prefacio de Elíseo Reclus. Descripción científica del Mundo, necesaria para formar idea clara del planeta que habitamos, base obligada del estudio de la Naturaleza.

Compendio de Historia Universal ☉ por CLEMENCIA JACQUINET ☉ Tomo I. Tiempos prehistóricos hasta el Imperio Romano ☉ Tomo II. Edad media y Tiempos modernos ☉ Tomo III. De la Revolución francesa hasta nuestros días. Lectura indispensable para los niños de ambos sexos, como inspirada en la moderna pedagogía; utilísima para los adultos, por ser un resumen histórico, concienzudo, breve y verídico.

Mineralogía por ODÓN DE BUEN. El autor, inspirándose en un criterio experimental y biológico, demuestra que los minerales son seres de la Naturaleza, que cambian y evolucionan, como todo.

La Substancia Universal por A. BLOCH y PARAF-JAVAL, traducción de A. LORENZO. (Lectura verdaderamente racional y positivamente instructiva).—Última palabra de la ciencia; resumen de la filosofía natural; obra útil para fijar las ideas de los maestros y suministrar base racional y científica á sus conocimientos, é iniciar á los alumnos en la vía de la verdad.

Nociones de idioma Francés por LEOPOLDINA BONNARD.—Método producto de la práctica y de la experiencia, sancionado además por el éxito, y adaptado á la generalidad de las condiciones de los alumnos.

El Niño y el Adolescente

DESARROLLO NORMAL.-VIDA LIBRE. (Otro segundo libro de lectura), por MICHEL PETIT, dedicado á los alumnos de la Escuela Moderna. Indispensable á las madres de familia.

Sembrando flores

(Otro segundo libro de lectura), por FEDERICO URALES. Hermosísimo poema de la vida, tan delicioso como instructivo.

Primer Manuscrito

Interesante correspondencia escolar, y varios modelos de dictados.

Epítome de Gramática Española

por FABIÁN PALASÍ. Segunda edición. Obra exenta de sofismas religiosos y sociales, abundantes, como ejemplos, en los libros análogos de la enseñanza rutinaria. Con notas editoriales

Elementos de Aritmética

Dos tomos (*Volumen de los principiantes*). LA NUMERACIÓN Y LAS CUATRO REGLAS, por CONDORCET.—LOS PRIMEROS PRINCIPIOS DE LA ARITMETICA, por PARAF-JAVAL.—EJERCICIOS, por HENRY VOGT. Demostración de que la base de las matemáticas es experimental y que su objeto es utilitario. (*Volumen del curso medio*), por PARAF-JAVAL. Contiene las materias que se han de enseñar en las clases elementales y superiores de las escuelas primarias.

Resumen de Historia de España

por NICOLÁS ESTÉVANEZ con notas editoriales y un apéndice de VOLNEY sobre *La Historia*, á propósito para generalizar la crítica histórica y desvanecer prejuicios nacionalistas.

Pequeña Historia Natural

por ODÓN DE BUEN. Dos tomos. Resumen á propósito para las escuelas libres.

Patriotismo y Colonización

(Tercer libro de lectura). Instruídos los alumnos por la lectura anterior acerca de la diferencia entre la sociedad real y la ideal, en éste hallarán base segura para abominar la defensa de intereses mezquinos.

Psicología Étnica por CH. LETOURNEAU. (Traducción de A. LORENZO). Cuatro tomos. Importantísimo estudio científico-sociológico que explica racionalmente y sin nebulosidades metafísicas la historia de la humanidad.

Evolución Super-orgánica (La Naturaleza y el Problema social) por ENRIQUE LLURIA; prólogo de S. RAMÓN Y CAJAL y notas editoriales. Demostración de que la Sociología sigue la ley de la Evolución.

Nociones sobre las primeras edades de la Humanidad por GEORGES ENGERRAND.—Esta obrita es un estudio breve y completo de la ciencia prehistórica. Utilísima á las personas deseosas de poseer conocimientos sobre hechos comprobados por la ciencia.

Humanidad del Porvenir por ENRIQUE LLURIA, epílogo de CARLOS MALATO. Jamás aparecieron, como en esta obra, aliados en tan estrecha y feliz conjunción, los datos irrefutables de la ciencia positiva y las especulaciones ideales por los amplios horizontes del progreso futuro.

Botiquín Escolar por A. MARTÍNEZ VARGAS. Auxilios que deben prestarse á los niños cuando sufren perturbaciones en la escuela; tratado útil para los profesores y también para las madres de familia.

Cantos de la Escuela Moderna LOS JUGUETES, coro á tres voces, letra de *Nicolás Estévez*, música de A. Codina.—EMPECEMOS, coro á dos voces, letra de *Fermín Salvochea*, música de A. Codina.—LA VIDA, coro á tres voces, letra de *Jaime Bausá*, música de *Pedro Enrique de Ferrán*.—LA MAÑANA, EL DIA, LA TARDE, coros á dos voces, letra de *Jaime Bausá*, música de A. Codina.

Para cada volumen se fija el precio de 2 ptas.—El precio de la CARTILLA y CANTOS, por excepción, es de 1 pta. y del BOTIQUIN ESCOLAR 0.50 cénts.—A los señores corresponsales se les descuenta el 25 por 100. A los envíos del exterior se carga además el franqueo.—A las escuelas se les bonifica con un descuento especial.

ESCUELA MODERNA
LIBERALE BARCELONA

